Aus dem Institut für Rechtsmedizin
der Universität Düsseldorf

Direktor: Prof. Dr. med. H. Schweitzer

TEMPERATUREN IN DER MUNDHÖHLE BEI VERBRENNUNGEN MIT HOHEN TEMPERATUREN (THERMOELEKTRISCHE MESSUNGEN)

Dissertation

zur Erlangung des Grades eines Doktors der Zahnmedizin
der Medizinischen Fakultät der Universität Düsseldorf

vorgelegt von

Wolfgang Eichenhofer

Düsseldorf 1980

1981

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41536528_0009

Aus dem Institut für Rechtsmedizin
der Universität Düsseldorf

Direktor: Prof. Dr. med. H. Schweitzer

TEMPERATUREN IN DER MUNDHÖHLE BEI VERBRENNUNGEN MIT HOHEN TEMPERATUREN (THERMOELEKTRISCHE MESSUNGEN)

Dissertation

zur Erlangung des Grades eines Doktors der Zahnmedizin
der Medizinischen Fakultät der Universität Düsseldorf

vorgelegt von

Wolfgang Eichenhofer

Düsseldorf 1980

UNIV.
LEIDEN
BIBL.

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Universität Düsseldorf

Der Dekan der Medizinischen Fakultät der Universität Düsseldorf gez. Prof. Dr. M. Straßburg

Referent: gez. Prof. Dr. H. Schweitzer
Korreferent: gez. Prof. Dr. Schübel

Meinen Eltern

in Dankbarkeit gewidmet

I N H A L T S V E R Z E I C H N I S

I.	EINLEITUNG	Seite 7
II.	LITERATUR UND THEMATIK	Seite 1o
III.	PROBLEMSTELLUNG	Seite 16
IV.	VERSUCHSAUFBAU	Seite 18
V.	VERSUCHSABLAUF	Seite 23
VI.	VERSUCHSPROTOKOLL	Seite 26
VII.	AUSWERTUNG DER DURCHGEFÜHRTEN VERSUCHE	Seite 56
VIII.	DISKUSSION	Seite 95
IX.	ZUSAMMENFASSUNG	Seite 1o6
X.	LITERATURVERZEICHNIS	Seite 1o9

I. EINLEITUNG

Der Identitätsnachweis bei Menschen, die durch Verbrennung bei Auto- oder Flugzeugunglücken, bei Hausbränden, Fabrikbränden oder Explosionen ums Leben gekommen sind, gestaltet sich nicht selten sehr schwierig.

Der Verbrennungsprozeß führt meist zur Verkohlung der Haut und zu Weichteilverlusten, die die Gesichtszüge unkenntlich machen.

In einigen Fällen findet man Ausweispapiere, die das Feuer überstanden haben, weil sie durch eine Brief- oder Handtasche geschützt waren. Auch Eheringe, Halsketten Armbanduhren oder Schmuckgegenstände aus Metall, die der Hitze widerstehen, können zur Identifizierung des Opfers beitragen. Solche scheinbaren Identitätsstücke können natürlich auch absichtlich benutzt werden, um eine falsche Identifizierung zu bewirken. Bei Verdacht auf ein Gewaltverbrechen reichen derartige Identifizierungsmethoden nicht aus.

Der dentalen Identifizierung kommt in der rechtsmedizinischen Praxis eine überragende Bedeutung zu. Das menschliche Gebiß ist aus zweierlei Gründen zur Identifizierung besonders geeignet:

1. Die Zähne sind die härtesten Bestandteile des menschlichen Körpers: sie widerstehen physikalischen und chemischen Einwirkungen - Feuer, Wasser, Säure - in ganz besonderem Maße.

2. Der Zahnstatus ist sehr individuell: Zahnverlust, Zahnfüllungen, Wurzelfüllungen, Kronen und Brükkenarbeiten ergeben eine solche Individualität, daß die Identifizierung in fast allen Fällen gesichert ist.

AMOEDO berichtete schon im letzten Jahrhundert über einige Fälle der dentalen Identifikation:

"Bei dem Brande des Pariser Wohltätigkeitsbasars am 5.V.1897 kam auch die Herzogin von Alencon ums Leben. Der Zahnarzt der Herzogin, Davenport, der von seinen sämtlichen Patienten ein genaues Zahnschema anfertigte, besaß von der Herzogin 2 Schemata über den Zustand ihrer Zähne und über die Operationen, die er innerhalb zweier Jahre in 17 Konsultationen gemacht hatte. Mit diesen gelang es ihm, zu beweisen, daß es nicht die Leiche der Herzogin war, die ihm als solche bezeichnet wurde. Er fand sie vielmehr unter 4o Leichen auf Grund seiner genauen Aufzeichnungen mit Bestimmtheit wieder. Der Zahnarzt der Herzogin von Villeneuve, Brault, welche auch bei diesem Brande ums Leben kam, konnte sie identifizieren durch 2 von ihm eingesetzte künstliche Zähne, welche durch Goldklammern in ihrer Stellung im Munde festgehalten wurden."

Bei jugendlichen Opfern, die nur sehr wenige oder gar keine Füllungen aufweisen können, ist die Identifizierung schwieriger. Hier können Anomalien in Zahnform, Zahnstellung, Kieferform oder Bißlage weiterhelfen. Bei zahnlosen Opfern, die Vollprothesen tragen, ist eine Identifizierung durch den Zahntechniker möglich, der aufgrund von Zahnaufstellung oder Ausarbeitung seine Arbeit wiedererkennt.

Im Falle einer unbekannten Brandleiche wird man durch die Vermißtenliste der Polizei und durch die infragekommenden Merkmale der Leiche (Geschlecht, Größe, Gewicht) die Identitätssuche auf wenige Personen einschränken können. Man nimmt Verbindung zu den diese Personen zuletzt behandelnden Zahnärzten auf, die gewöhnlich den Zahnstatus in ihre Kartei aufnehmen. Durch Vergleich läßt sich der Identitätsnachweis in den meisten Fällen erbringen.

Voraussetzung ist, daß Zähne und Zahnersatz nicht durch das Feuer zerstört worden sind.

In diesem Zusammenhang ist die Kenntnis der Temperatur im Mundinneren einer im Feuer befindlichen Leiche - in Verbindung mit der unterschiedlichen Außentemperatur und ihrer Einwirkungsdauer - von hoher Bedeutung. Entsprechende Untersuchungen waren der uns vorliegenden Literatur nicht zu entnehmen.

II. LITERATUR UND THEMATIK

Um die Klärung der Widerstandsfähigkeit der Zähne gegenüber hohen Temperaturen haben sich seit mehr als 1oo Jahren zahlreiche Autoren bemüht. E.v. HOFMANN und ZILLNER schreiben 1881 über den Ringtheaterbrand in Wien:

"Bei höchster Verbrennung sind die Zähne vollkommen weißgebrannt, überaus bröckelig und in ihrem Zusammenhang mit den Alveolen gelockert.

Diese Zähne bringt eine leichte Berührung entweder zum Abbrechen oder trennt wenigstens den Schmelz in schaligen Stükken vom Zahnbein. In derartigen Fällen sticht dann auf der Bruchfläche das weiße Email scharf vom schwarzen Dentin ab, weil dieses infolge größeren Reichtums an organischer Substanz leichter veraschungsfähig ist."

Von LEPKOWSKI und WACHHOLZ führten 19o3 Untersuchungen über Verbrennungserscheinungen an Zähnen und Zahnersatz durch. Sie verbrannten ganze Leichenköpfe 12 Stunden lang in einem Kachelofen. Es handelt sich aber nur um einmalig erhobene Befunde, da sehr wenige Versuche durchgeführt wurden. Genaue Temperatur- und Zeitangaben sowie eine Beschreibung des Brandverlaufes fehlen.

Untersuchungen an extrahierten Zähnen haben GEBHARDT, 1923, BÖHMER, 1932, MORGEN, 1943, MACHLITT, 1973, FRITZSCH , 1973, BERRSCHE, 1978 und andere gemacht. Die Zähne wurden in einem Tiegel über einer Bunsenbrennerflamme oder in einem elektrischen Ofen der Hitze ausgesetzt. Bei diesen Versuchen, die an einer größeren Anzahl von Zähnen durchgeführt wurden, konnte man die zerstörende Wirkung der Hitze an den Zähnen sehr gut beobachten; die Temperatur ließ sich genau regeln und messen.

Unter gleichen Versuchsbedingungen war festzustellen, bei welchen Temperaturen - in Abhängigkeit von der Einwirkungsdauer - Zähne kalzinieren bzw. eine Zahnkrone abgesprengt wird.

Die Arbeiten von GEBHARDT, BÖHMER und BERRSCHE sind wegen ihrer Systematik besonders erwähnenswert.

GEBHARDT kommt zu folgenden Erkenntnissen:

1. Das Aushalten der Zähne in ihren Alveolen ist auf die große Widerstandsfähigkeit der Wurzeln zurückzuführen.

2. Die größte Zerstörung im Frontgebiß ist nicht nur darauf zurückzuführen, daß die Frontzähne dem Feuer mehr ausgesetzt sind als die Backenzähne, sondern auch darauf, daß die Tendenz des Zahnes zum Zerbersten proportional der Größe der Zahnmasse ist und sich somit in aufsteigender Linie von den Schneidezähnen über den Eckzahn zu den Backenzähnen bewegt.

3. Es ist nicht möglich, aus besonderen Verbrennungserscheinungen im Alveolengrunde auf das frühere Vorhandensein eines durch irgendwelche Umstände eliminierten Zahnes zu schließen (Stichflamme aus weitem und geradem Wurzelkanal).

4. Es wird nie vorkommen, daß ein bleibender Zahn, der mit der offenen Flamme direkt in Berührung gekommen ist - und sei dieses noch so allmählich erfolgt -, eine unversehrte Krone besitzt. Sollte man eine solche im geöffneten Munde einer verkohlten Leiche bemerken, so hat man sofort an einen Stiftzahn zu denken, bei mehreren nebeneinander an ein Gebiß.

Diese letzte These konnte von BÖHMER nicht bestätigt werden, ansonsten kam er zu ähnlichen Ergebnissen wie GEBHARDT.

BÖHMER beschreibt in seiner Arbeit vor allem seine eigenen Beobachtungen zu einem Fall, in welchem eine junge Frau in einer Scheune verbrannte.

"In diesem Fall gelang die Identifizierung der Verbrannten also vorwiegend durch die Untersuchung der Zähne. Diese waren trotz der hohen Temperatur, welche beim Brande der Scheune geherrscht hatte, und trotz der starken Verkohlung der Leiche auffallend gut erhalten. Sogar die Kautschukplatte mit einem Schneidezahn im Oberkiefer war nicht verbrannt. Die Meinung von GEBHARDT, daß Kautschuk unbedingt verbrennen müsse, hat sich daher nicht bestätigt. Das ist um so mehr bemerkenswert, als die Kautschukplatte bei geöffnetem Munde an den Frontzähnen recht ungeschützt lag.

- Die Weichteile des Gesichtes sind durchweg schwärzlich verfärbt und lederartig hart.

- Von den Lippen sind nur geringe Weichteilreste vorhanden, welche in einen lederartig harten Wulst umgewandelt sind.

- Die Zunge ist in eine unförmige harte Masse verwandelt.

- Die Halsweichteile sind stark verkohlt und lederartig hart."

BERRSCHE untersucht die thermischen Veränderungen an isolierten Zähnen im Muffelofen, wobei er seine Versuche sowohl bei verschiedenen Temperaturen - 1oo° C, 2oo° C - 1.ooo° C - durchführt als auch nach unterschiedlich langer Einwirkungszeit. Bei diesen Untersuchungen werden außerdem noch die verschiedenen Zahnsubstanzen Schmelz, Dentin, Zement in besonderer Weise berücksichtigt.

Einwurzelige Zähne springen zuweilen aus ihren Zahnfächern, so daß man leere Alveolen vorfindet. Sogar aus einer leeren Alveole kann man bei sorgfältiger Untersuchung noch Informationen bekommen. SCHROFF weist in diesem Zusammenhang auf Frontengstand, Drehstand, zurückliegende Wurzelspitzenresektion und chronische krankhafte Prozesse hin.

Die mehrwurzeligen Molaren bleiben immer in ihren Alveolen, da die divergierenden Wurzeln ein Herausspringen verhindern. Es ist jedoch möglich, daß die ganze Krone abgesprengt wird (GEBHARDT, BÖHMER).

Die Hitzeentwicklung führt zu einer plötzlichen, explosionsartigen Ausdehnung des Pulpainhaltes, durch den die Krone abgesprengt wird. Ein wurzelgefüllter Zahn bleibt immer in seiner Alveole und seine Krone wird in keinem Fall abgesprengt. Wenn sich ein Metallstift (Silberstift, Stiftkrone) im Wurzelkanal befindet, ist die Resistenz dieses Zahnes gegenüber Hitzeeinwirkung um ein Vielfaches höher als die eines nicht wurzelgefüllten Zahnes (MORGEN). Die Wurzelfüllung verhindert ein Absprengen der Krone durch Ausdehnung der Pulpa und verleiht dem Zahn durch den Wurzelstift eine größere Stabilität.

Das Alter von Kindern läßt sich einigermaßen genau durch den Zahnstatus des Wechselgebisses feststellen. Die Milchzähne und auch die bleibenden Zähne treten in so eng gesteckten Intervallen durch, daß eine ungefähre Altersangabe möglich ist. Der Zeitabschnitt endet mit dem Durchbruch der zweiten Molaren im 14. Lebensjahr.

Bei Erwachsenen gibt es mehrere Verfahren zur Altersbestimmung nach MILES, MORGEN, BANG und RAMM, GUSTAFSON. Die Altersbestimmung nach GUSTAFSON ist die genaueste; sie berücksichtigt sechs Faktoren:

- Abrasion,
- Sekundärdentinbildung,
- Epithelansatz,
- Zementapposition,
- Wurzeltransparenz,
- Wurzelresorption.

Mit diesen sechs Faktoren, die mit 0 - III bewertet werden, bestimmt man das Lebensalter mit einer Toleranz von ± 5 Jahren.

Auf die Bedeutung von Röntgenaufnahmen bei der dentalen Identifikation weisen eigentlich alle neuen Veröffentlichungen hin (MORGEN, GISLE-BANG, SCHROFF, JOHANSON, GUSTAFSON, HANIES, ENDRIS, RÖTZSCHER u.v.a.). Die Ausdehnung des Pulpakavums oder die Wurzelkrümmung werden verglichen. Überstehende Füllungs- oder Kronenränder, Wurzelfüllungen oder ein Stiftaufbau können als Indiz dienen. Versprengte Amalgamteilchen, z.B. nach überstopftem Wurzelkanal, oder abgebrochene Wurzelkanalinstrumente im Kieferknochen können von größter Wichtigkeit sein. Da in jüngster Zeit die Röntgendiagnostik in der zahnärztlichen Praxis immer mehr genutzt wird, kann man diese Technik bei der dentalen Identifikation verwerten.

GUSTAFSON hat vorgeschlagen, die Zähne einer Brandleiche direkt am Fundort mit Kunstharz zu überziehen, um ein Zerbrechen der kalzinierten Zähne während des Transportes ins Labor zu verhindern. Im Labor wird dann zunächst ein Röntgenstatus erstellt.

GISLE-BANG weist darauf hin, daß bei Extraktionen, die noch nicht lange zurückliegen, sich die Alveolen noch nicht knöchern, sondern nur bindegewebig substituiert haben. Dies läßt sich röntgenologisch durch eine höhere Transparenz nachweisen. Die Art der Behandlungsweise oder die Verwendung bestimmter zahnärztlicher Werkstoffe können Hinweise auf die Nationalität geben (GISLE-BANG).

HANIES berichtet von dem Flugzeugunglück in Rijeka 1973, bei dem es 78 Tote gab. Den Opfern wurden Ober- und Un-

terkiefer in toto entnommen. Im Labor wurde zunächst der Röntgenstatus erstellt, dann der klinische Zahnstatus aufgenommen. Man ging in dieser Reihenfolge vor, um zu vermeiden, daß die Zähne zerbröseln, ehe sie geröntgt wurden.

Eine spezielle Sektionstechnik zur Entnahme von Ober- und Unterkiefer wird von ENDRIS vorgeschlagen.

III. PROBLEMSTELLUNG

Die Literaturübersicht zeigt, daß bei den experimentellen Arbeiten die schützenden Weichteile unberücksichtigt bleiben, da sie an extrahierten Zähnen durchgeführt worden sind. Eine Ausnahme bilden die Versuche von v. LEPKOWSKY und WACHHOLZ, die aber nur über einmalig erhobene Befunde an wenigen experimentell verbrannten Leichenköpfen berichten. Den Berichten von Unglücksfällen, Brandkatastrophen und dergleichen liegen meist Obduktionsbefunde zugrunde; sie bringen neue Erkenntnisse und Verfahren zur Technik des Identitätsnachweises, beschreiben aber nicht den Verbrennungsvorgang und können keine genauen Temperatur- und Zeitangaben über das Verbrennungsgeschehen liefern.

Es ist sehr schwierig, die natürlichen Verhältnisse in einer Versuchsanordnung experimentell nachzuahmen. Die Ergebnisse solcher Versuche erlauben in der Regel keine sicheren Rückschlüsse auf den tatsächlichen Brandverlauf, weil sie die Beziehung der Weichteile, der Knochen und des gesamten Zahngefüges zueinander nicht richtig korrelieren.

Aus ähnlichen Gründen sind Versuchsreihen, die den Weichteilschutz der Zähne an Tierschädeln untersuchen, nicht auf den Menschen übertragbar.

Wir entschlossen uns daher, Versuche an menschlichen Leichen bei der Einäscherung im Krematorium durchzuführen, um zunächst die in der Mundhöhle auftretenden Temperaturen in Abhängigkeit von Temperatur und Einwirkungsdauer zu messen.

Die Temperaturen in der Muffelkammer eines Krematoriumofens liegen leider sehr hoch (800 - 950 ° C). Von In-

teresse sind jedoch Temperaturen, wie sie bei einem offenen Feuer, z.B. bei einem Hausbrand, auftreten können. Sie betragen im allgemeinen 3oo - 6oo° C, liegen also weit unter den Temperaturen in der Muffelkammer des Krematoriumofens.

Die Verbrennungen des Lippen- und Wangengewebes dürften daher bei Bränden geringer und der Temperaturanstieg in der Mundhöhle insgesamt niedriger sein, als bei den folgenden Versuchen.

Im Rahmen der Thematik dieser Arbeit wurde die Temperatur in der Mundhöhle nur bis zum Zeitpunkt der völligen Zerstörung des Lippen- und Wangengewebes gemessen, weil bei Brandleichen Wangen und Lippen im allgemeinen nicht restlos zerstört werden.

IV. VERSUCHSAUFBAU

Bei der Wahl der Meßelemente galt es, mehrere Gesichtspunkte zu berücksichtigen:

1. die hohen Temperaturen in der Muffelkammer von 800° - 950° C,

2. eine leichte Handhabung, um die Meßelemente in der Mundhöhle zu fixieren,

3. Herausführung der Sonden aus der Muffelkammer, die durch einen Schieber dicht verschlossen ist,

4. Anzeigegenauigkeit und kurze Ansprechzeit.

Zur Temperaturmessung verwendeten wir Thermosonden der Firma Philips in Verbindung mit einem Flachschreiber der Firma Perkin-Elmer.

Eine Thermosonde besteht aus zwei Adern unterschiedlichen Materials, dem Thermopaar und einem Metallmantel, der als Schutz dient. Die beiden Leiter werden untereinander und gegen den Mantel durch ein hoch temperaturfestes Pulver isoliert. Im Meßpunkt sind die beiden Drähte des Thermoelementes zusammengeschweißt. Die Temperaturdifferenz baut über einen Potentialunterschied (Drähte verschiedener Legierungen) die Thermospannung auf. Das Thermopaar Chromel-Alumel zeichnet sich durch eine durchschnittliche Thermospannung von 41 µV/° C aus. Die Temperatur-Spannungs-Charakteristik verläuft praktisch linear. Die verwendeten Thermosonden eignen sich für unsere Versuche wegen ihres kleinen Durchmessers und ihrer hohen mechanischen Festigkeit besonders gut.

Der kleine Durchmesser ermöglicht eine kurze Ansprechzeit und eine fast punktförmige Temperaturmessung. Die guten mechanischen Eigenschaften mit einer Flexibili-

tät, die einen Biegeradius von doppeltem Durchmesser zuläßt, und die Resistenz gegenüber hohen Temperaturen ließen die Sonden als besonders geeignet erscheinen.

Außerhalb des Ofens benutzten wir eine Ausgleichsleitung, die aus Drähten des gleichen Thermopaars besteht und gummi-isoliert ist.

Die von uns verwendeten Thermosonden hatten einen Außendurchmesser von 1,5 mm. Das Thermopaar bestand aus Chromel-Alumel (Meßbereich - 2oo° bis + 1.2oo° C). Die ersten 6 Sonden besaßen einen Schutzmantel aus Inconel. Das dünne Mantelmaterial der Sonden unterlag einer schnellen Alterung durch die Abkühlung außerhalb des Ofens zwischen zwei Versuchen.

Später benutzten wir Sonden, die mit der Stahllegierung AR ummantelt waren. Auch diese Sonden widerstanden den Versuchsbedingungen nur für ca. 8 Versuche. Die Genauigkeit der Sonden wurde bei mehreren Temperaturen überprüft:

0° C ≙ schmelzendem Eis
100° C ≙ siedendem Wasser
231° C ≙ Erstarrungspunkt von flüssigem Zinn
420° C ≙ Erstarrungspunkt von flüssigem Zink.

Die Fehlanzeige lag im ungünstigsten Fall in einer Abweichung von ± 8° C.

Die Thermosonden wurden so in den Falz des Sargdeckels gelegt, daß dieser beim Auflegen dicht abschloß.

Die Sonden wurden unter Fuß und Schulter der Leiche gelegt, um eine feste Lagebeziehung zu erreichen. Das

Ende der Sonden konnte so gebogen werden, daß der Meßpunkt die gewünschte Position einnahm.

Den Meßpunkt für Ta legten wir an den Mundwinkel. Für die Sonde Ti wählten wir als Meßpunkt die Regio praemolaris. Bei bezahntem Kiefer schoben wir die Sonde durch den Interdentalraum nach oral und ließen die Sonde dort ca. 1 mm über das Zahnfleisch herausragen. Der Meßpunkt entsprach dem marginalen Drittel der oralen Kronenfläche. Bei älteren Menschen mit festsitzendem Zahnersatz oder Parodontose, deren Interdentalpapille abgebaut war, füllte diese den Interdentalraum nicht mehr vollständig aus, wodurch die interdentale Fixierung der Sonden erleichtert war. Ließ sich die Sonde nicht durch den Interdentalraum schieben, benutzten wir eine Lücke in der Zahnreihe oder schoben die Sonde unter einem Brückenglied nach oral, sofern eine Brücke vorhanden war.

Bei Zahnlosen war die Lagesicherung des Meßpunktes schwieriger, da die Sonde nicht interdental fixiert werden konnte. Wir bogen am vorderen Ende der Sonde ein "Z", wobei die obere Schleife im oberen Vestibulum, die untere im unteren Vestibulum zu liegen kam (Meßpunkt Regio praemolaris). Die Sonde mußte so gebogen werden, daß sie spannungsfrei im Mund bzw. im Vestibulum lag. Die von uns verwendeten Sonden haben mechanische Eigenschaften, ähnlich einem Draht gleichen Durchmessers, lassen sich in jede gewünschte Form biegen und federn bei Auslenkung elastisch in die Ruhelage zurück. Herabfallende Glutstücke des Sargdeckels schränken also die Lagesicherung der Sonden nicht ein.

Um den Kopf, an dem die Sonden angebracht waren, beim Verbrennungsvorgang zu fixieren, wurde der Sarg jeweils so angeordnet, daß der Kopf nach Verbrennung des Sarg-

bodens auf einer der drei unter dem Sarg befindlichen Brücken lag.

Die Außentemperatur (Ta) und die Innentemperatur (Ti) wurden durch einen Schreiber festgehalten. Zur Registrierung wurde ein Flachschreiber der Firma Perkin-Elmer, Modell 56 Recorder, verwendet. Es handelt sich um einen Zweilinienschreiber mit zwei Eingängen, über die synchron gemessen und aufgezeichnet werden kann. Über die erste Sonde (Ti) erfolgt die Temperaturmessung im Mundinneren und über die zweite Sonde (Ta) die Temperaturmessung außerhalb des Mundes.

Wenn man den Spannungsbereich o - 5o mV wählt, befindet man sich in einem Temperaturbereich bis 1.o5o° C, dabei erlaubt die Auflösung des Schreibers ein Ablesen von o,25 mV entsprechend einer Temperaturdifferenz von 5° C. Wegen des linearen Temperaturspannungsverhaltens der Sonden ist man in der Lage, die Temperatur im gesamten infrage kommenden Temperaturbereich von o - 1.ooo° C auf 1o° C genau zu bestimmen. Bei einem Vorschub von 1o mm/Min. konnte die Temperatur auf 1o Sekunden genau festgestellt werden.

Das Krematorium des neuen Friedhofs in Duisburg wurde 1932 erbaut. Bis 1969 erfolgte die Befeuerung des Krematoriumofens mit Koks, heute mit Stadtgas. Der Ofen ist in 3 Etagen aufgebaut, die durch zwei Schieber voneinander getrennt sind. In der obersten Etage, der Haupt- oder Muffelkammer, erfolgt die Einäscherung ca. eine Stunde lang bei 7oo° - 9oo° C. Dann folgt eine Etage tiefer die Nachverbrennung bei 95o° C. In der dritten Etage befindet sich ein Aschekasten. Die Temperatur der Muffelkammer wird durch Veränderung der Gas- oder Sauerstoffzufuhr geregelt. Die Muffelkammer wird nach außen durch einen Schieber dicht verschlossen. Dieser Schieber aus massivem Stahl wird hydraulisch niedergelassen und senkt sich paßgenau in eine Bodenrinne ein. Um die Thermosonden ohne Störung des Verbrennungs-

ablaufes in die Kammer zu führen, wurde ein völliges Absenken des Schiebers verhindert und der entstehende Spalt abgedichtet.

V. VERSUCHSABLAUF

Bei der Durchführung der Versuche muß berücksichtigt werden, daß jede Leichenverbrennung bei scheinbar gleichen Bedingungen im Krematoriumsofen unterschiedlich verläuft.

Folgende Faktoren beeinflussen den Verbrennungsvorgang:

1. Temperatur in der Muffelkammer,
2. Abluft,
3. Zuluft,
4. Material des Sarges,
5. Beschaffenheit der Leiche.

ad 1:
Als wichtigster Faktor ist die Temperatur der Muffelkammer anzusehen. Ihre Höhe wird von den Faktoren 2 und 3 mitbestimmt. Hohe Temperaturen von über 900° C werden erst durch die Strahlung der Wände erreicht. Eine offene Gasflamme hat eine Temperatur von ca. 650° C. Die Schamottesteine des Ofens absorbieren die Hitze des Feuers und erzeugen in der Mitte der Muffelkammer, in der sich der Sarg mit der Leiche befindet, die höchste Temperatur.

Während die erste Leichenverbrennung morgens eineinhalb Stunden dauert, wird für den gleichen Vorgang nachher nur noch eine Stunde benötigt. Durch die nächtliche Abkühlung der Ofenwände strahlen die Wände morgens keine Wärme ab, sondern heizen sich erst im Verlauf der beiden ersten Einäscherungen auf.

ad 2:
Die Abluft muß in genügender Menge ungehindert aus dem Verbrennungsraum durch den Schornstein abgeleitet werden. Bei nassem oder kaltem Schornstein kommt es durch

die heißen Abgase zur Wasserdampfbildung. Dieser Wasserdampf behindert den Abzug. Infolgedessen bleibt das CO_2 im Brennraum (Muffelkammer) und hemmt den Verbrennungsvorgang. Die Folge ist ein Absinken der Temperatur. Hohe Luftfeuchtigkeit und auf den Schornstein wirkender Wind haben die gleiche Folge.

ad 3:
Für die Verbrennung wird O_2 benötigt. Die Zuluft wird durch ein Gebläse geregelt. Sinkt die Temperatur in der Muffelkammer unter 7oo° C, so kann durch Einschalten des Gebläses die Zuluft erhöht werden, wodurch die Temperatur ansteigt. Die Zuluft wird durch einen im Fuchs (Eingang des Schornsteins) befindlichen Rekuperator aufgeheizt, wodurch eine höhere Verbrennungstemperatur erreicht wird. Die Versuche 1-12 wurden in einem Verbrennungsofen ohne Rekuperator durchgeführt, deshalb liegen die Temperaturen bei diesen Versuchen etwas niedriger.

ad 4:
Das Holz des Sarges isoliert dessen Innenraum sehr gut gegen die hohen Temperaturen der Muffelkammer. Im allgemeinen dauert es 1o bis 2o Minuten, bis der Sarg eingebrochen ist und die verkohlten Bretter zu Glutstücken zerfallen.

Ein Weichholzsarg bricht bei einer Verbrennungstemperatur von 8oo° C nach 1o Minuten ein, während ein Eichensarg nach ca. 2o Minuten einbricht. Danach steigt die Umgebungstemperatur der Leiche (Außentemperatur Ta) sprunghaft an.

ad 5:
Das Gewebe von Wangen und Lippen ist individuell verschieden. Dicke Lippen und Wangen werden durch Brand langsamer als dünnere und fettärmere zerstört. Bei unse-

ren Versuchen wurden - je nach Zustand des Gewebes - Zeitdifferenzen zwischen 1o und 5o Minuten bis zum völligen Verbrennen der Gesichtsweichteile beobachtet.

Die Messung der Temperatur in gleichen Zeitabständen hat keine hohe Aussagekraft bezüglich des Verbrennungsvorganges. Deshalb wurden Temperatur- und Zeitangaben nur dann festgehalten, wenn sich Auffälligkeiten beim Vergleich des Kurvenverlaufes für Ta und Ti ergaben, wobei zunächst jeder Versuch für sich interpretiert wurde.

Die in den Versuchsprotokollen festgehaltenen Beobachtungen umfassen die Zeitspanne zwischen Beginn der Einäscherung und völliger Zerstörung der Gesichtsweichteile. Eine Beobachtung über die Zeitspanne des gesamten Versuches war nicht möglich, da die Klappe des Guckloches wegen starker Rauchentwicklung nur kurzzeitig geöffnet werden durfte.

In der Mehrzahl der Versuche wurde der Zeitpunkt für die Verbrennung der Gesichtsweichteile nicht beobachtet, sondern aus den Aufzeichnungen des Schreibers rekonstruiert, der sich im Temperaturverlauf Ti durch einen plötzlich steilen Anstieg bemerkbar machte.

Es wurden der Temperaturanstieg innerhalb der Mundhöhle (Ti) und der Temperaturanstieg außerhalb der Mundhöhle (Ta) im Verlauf jedes Verbrennungsvorganges gemessen.

Die Leichen werden in einem gekühlten Raum bei 4° - 6° C aufbewahrt. Zu Beginn jedes Versuches beträgt die Temperatur in der Mundhöhle Ti = 4° - 6° C.

VI. VERSUCHSPROTOKOLL

Versuch: 1

Leiche:	N., L.
Liegezeit:	9 Tage
Alter:	89 J.
Geschlecht:	♀
Größe:	165 cm
Gewicht:	6o kg
Ernährungszustand:	mager
Gebiß:	OK, UK zahnlos
Zahnersatz:	keiner
Meßpunkt:	oberes Vestibulum
Mund:	geschlossen

Zeit (Min.)	Ta (° C)	Ti (° C)
5	98	-
1o	19o	-
13	46o	-
15	69o	-

T3. Min. Sarg bricht ein Ta = 46o°
13.-15. Min. = 2 Min. Flammeneinwirkungszeit
Temperaturanstieg außen: Ta = 46o° - 69o° = 23o° Temperaturdifferenz
Temperaturanstieg innen: Ti = o° - o° = o° Temperaturdifferenz
15. Min. der Kopf kippt nach hinten weg, die Sonde Ti rutscht aus dem Mund

Versuch: 2

Leiche:	B., E.
Liegezeit:	7 Tage
Alter:	79 Jahre
Geschlecht:	♂
Größe:	17o cm
Gewicht:	7o kg
Ernährungszustand:	normal
Gebiß:	OK, UK zahnlos
Zahnersatz:	Vollprothese
Meßpunkt:	oberes Vestibulum
Mund:	geschlossen

Zeit (Min.)	Ta (° C)	Ti (° C)
5	38	-
1o	134	-
15	366	-
2o	485	25
22	84o	4o
25	86o	5o
3o	86o	6o
36	84o	86

15. Min. Sarg bricht ein Ta = 366°

15.-36. Min. = 21 Min. Flammeneinwirkungszeit

Temperaturanstieg außen: Ta = 366° - 86o° = 494° Temperaturdifferenz

Temperaturanstieg innen: Ti = o° - 86° = 86° Temperaturdifferenz

Nach der 36. Min. Gesichtsweichteile vollständig verbrannt

Versuch: 3

Leiche:	G., L.
Liegezeit:	9 Tage
Alter:	74 J.
Geschlecht:	♀
Größe:	163 cm
Gewicht:	55 kg
Ernährungszustand:	mager
Gebiß:	OK, UK zahnlos"
Zahnersatz:	Vollprothese
Meßpunkt:	oberes Vestibulum
Mund:	geschlossen

Zeit (Min.)	Ta (° C)	Ti (° C)
5	1o	-
1o	5o	-
15	362	-
2o	45o	12
25	648	42
29	865	98

15. Min. Sarg bricht ein Ta = 362°

15.-29. Min. = 14 Min. Flammeneinwirkungszeit

Temperaturanstieg außen: Ta = 362° - 865° = 5o3° Temperaturdifferenz

Temperaturanstieg innen: Ti = o° - 98° = 98° Temperaturdifferenz

Nach der 29. Min. Gesichtsweichteile vollständig verbrannt

Versuch: 4

Leiche:	B., E.
Liegezeit:	5 Tage
Alter:	79 J.
Geschlecht:	♀
Größe:	17o cm
Gewicht:	65 kg
Ernährungszustand:	mager
Gebiß:	OK, UK zahnlos
Zahnersatz:	Vollprothese
Meßpunkt:	oberes Vestibulum
Mund:	geschlossen

Zeit (Min.)	Ta (° C)	Ti (° C)
3	5o	-
5	27o	-
1o	91o	2o
15	84o	86
2o	77o	97
25	8oo	1o2

5. Min. Sarg bricht ein Ta = 270°

5.-25. Min. = 2o Min. Flammeneinwirkungszeit

Temperaturanstieg außen: Ta = 27o° - 91o° = 64o° Temperaturdifferenz

Temperaturanstieg innen: Ti = o° - 1o2° = 1o2° Temperaturdifferenz

Nach der 25. Min. Gesichtsweichteile vollständig verbrannt

Versuch: 5

Leiche:	S., W.
Liegezeit:	8 Tage
Alter:	71 J.
Geschlecht:	♂
Größe:	168 cm
Gewicht:	7o kg
Ernährungszustand:	normal
Gebiß:	OK, UK zahnlos
Zahnersatz:	keiner
Meßpunkt:	oberes Vestibulum
Mund:	geschlossen

Zeit (Min.)	Ta (° C)	Ti (° C)
5	86	-
8	42o	-
1o	69o	-
15	96o	-
2o	83o	-
25	68o	-
3o	72o	-
35	72o	-
4o	61o	1o
5o	65o	4o

8. Min. Sarg bricht ein Ta = 42o°

8.-5o. Min. = 42 Min. Flammeneinwirkungszeit

Temperaturanstieg außen: Ta = 42o° - 96o° = 54o° Temperaturdifferenz

Temperaturanstieg innen: Ti = o° - 4o° = 4o° Temperaturdifferenz

5o. Min. die Messungen werden beendet (letzte Einäscherung des Tages)

Versuch: 6

Leiche:	W., M.
Liegezeit:	7 Tage
Alter:	74 J.
Geschlecht:	♀
Größe:	163 cm
Gewicht:	6o kg
Ernährungszustand:	mager
Gebiß:	OK, UK zahnlos
Zahnersatz:	Vollprothese
Meßpunkt:	oberes Vestibulum
Mund:	geschlossen

Zeit (Min.)	Ta (° C)	Ti (° C)
5	15	-
1o	148	26
12	34o	38
15	86o	145

12. Min. Sarg bricht ein Ta = 34o°

12.-15. Min. = 3 Min. Flammeneinwirkungszeit

Temperaturanstieg außen: Ta = 34o° - 86o° = 52o° Temperaturdifferenz

Temperaturanstieg innen: Ti = 38° - 145° = 1o7° Temperaturdifferenz

15. Min. der Kopf kippt nach hinten weg, die Sonde Ti rutscht aus dem Mund

Versuch: 7

Leiche:	N., R.
Liegezeit:	8 Tage
Alter:	84 J.
Geschlecht:	♂
Größe:	18o cm
Gewicht:	75 kg
Ernährungszustand:	mager
Gebiß:	OK, UK zahnlos
Zahnersatz:	Vollprothese
Meßpunkt:	oberes Vestibulum
Mund:	geschlossen

Zeit (Min.)	Ta (° C)	Ti (° C)
5	76	-
1o	39o	-
15	632	42
2o	85o	54
25	65o	62
27	6oo	74

1o. Min. Sarg bricht ein Ta = 39o°

1o.-27. Min. = 17 Min. Flammeneinwirkungszeit

Temperaturanstieg außen: Ta = 39o° - 85o° = 46o° Temperaturdifferenz

Temperaturanstieg innen: Ti = o° - 74° = 74° Temperaturdifferenz

Nach der 27. Min. Gesichtsweichteile vollständig verbrannt

Versuch: 8

Leiche:	S., E.
Liegezeit:	8 Tage
Alter:	79 J.
Geschlecht:	♂
Größe:	17o cm
Gewicht:	95 kg
Ernährungszustand:	adipös
Gebiß:	OK, UK zahnlos
Zahnersatz:	Vollprothese
Meßpunkt:	oberes Vestibulum
Mund:	geschlossen

Zeit (Min.)	Ta (° C)	Ti (° C)
5	214	-
8	64o	-
1o	86o	-
15	44o	8
2o	44o	2o
25	44o	32
3o	44o	62
4o	35o	8o
5o	32o	85

8. Min. Sarg bricht ein Ta = = 64o°

8.-5o. Min. = 42 Min. Flammeneinwirkungszeit

Temperaturanstieg außen: Ta = 64o° - 86o° = 22o° Temperaturdifferenz

Temperaturanstieg innen: Ti = o° - 85° = 85° Temperaturdifferenz

14. Min. die Leiche fällt unter die Brücke in einen Bereich niedrigerer Temperatur Ta = 44o°

Versuch: 9

Leiche:	D., B.
Liegezeit:	8 Tage
Alter:	52 J.
Geschlecht:	♀
Größe:	165 cm
Gewicht:	75 kg
Ernährungszustand:	adipös
Gebiß:	OK, UK
Zahnersatz:	OK, UK Teilprothese
Meßpunkt:	interdental 13, 14
Mund:	geschlossen

Zeit (Min.)	Ta (° C)	Ti (° C)
5	4	-
1o	22	-
15	296	-
2o	342	-
25	8oo	-
3o	8oo	-
35	84o	-
4o	94o	1o
45	83o	14
5o	81o	3o
55	79o	62
58	72o	98

2o. Min. Sarg bricht ein Ta = 342°

2o.-58. Min. = 38 Min. Flammeneinwirkungszeit

Temperaturanstieg außen: Ta = 342° - 94o° = 598° Temperaturdifferenz

Temperaturanstieg innen: Ti = o° - 98° = 98° Temperaturdifferenz

Nach der 58. Min. Gesichtsweichteile vollständig verbrannt

65. Min. An den oberen Frontzähnen werden die Kronen zerstört (ca. 75o° C). Der Eckzahn 13 bleibt unzerstört (evtl. Wurzelkanalbehandlung)

Versuch: 1o

Leiche:	B., R.
Liegezeit:	7 Tage
Alter:	8o J.
Geschlecht:	♀
Größe:	16o cm
Gewicht:	6o kg
Ernährungszustand:	normal
Gebiß:	OK, UK zahnlos
Zahnersatz:	keiner
Meßpunkt:	oberes Vestibulum
Mund:	geschlossen

Zeit (Min.)	Ta (° C)	Ti (° C)
5	32	-
1o	184	1o
12	35o	22
15	61o	44
2o	93o	79
25	87o	11o

12. Min. Sarg bricht ein Ta = 35o° C

12.-25. Min. = 13 Min. Flammeneinwirkungszeit

Temperaturanstieg außen: Ta = 35o° - 93o° = 58o° Temperaturdifferenz

Temperaturanstieg innen: Ti = 22° - 11o° = 88° Temperaturdifferenz

Nach der 25. Min. Gesichtsweichteile vollständig verbrannt

Versuch: 11

Leiche:	H., E.
Liegezeit:	4 Tage
Alter:	79 J.
Geschlecht:	♀
Größe:	16o cm
Gewicht:	75 kg
Ernährungszustand:	adipös
Gebiß:	OK, UK zahnlos
Zahnersatz:	Vollprothese
Meßpunkt:	oberes Vestibulum
Mund:	geschlossen

Zeit (Min.)	Ta (° C)	Ti (° C)
5	86	-
1o	57o	-
15	65o	12
19	77o	11o

1o. Min. Sarg bricht ein Ta = 57o° C
1o.-19. Min. = 9 Min. Flammeneinwirkungszeit
Temperaturanstieg außen: Ta = 57o° - 77o° = 2oo° Temperaturdifferenz
Temperaturanstieg innen: Ti = o° - 11o° = 11o° Temperaturdifferenz
Nach der 19. Min. Gesichtsweichteile vollständig verbrannt

Versuch: 12

Leiche:	W., H.
Liegezeit:	7 Tage
Alter:	65 J.
Geschlecht:	♂
Größe:	185 cm
Gewicht:	75 kg
Ernährungszustand:	mager
Gebiß:	OK-Front erhalten, UK-Front reseziert
Zahnersatz:	Brücke 14, 17, Teilprothese
Meßpunkt:	Brückenglied 15
Mund:	große Öffnung, Unterlippe verstümmelt

Zeit (Min.)	Ta (° C)	Ti (° C)
5	75	22
1o	12o	6o
15	532	6o
18	94o	12o
2o	65o	25o

15. Min. Sarg bricht ein Ta = 532° C

15.-2o. Min. = 5 Min. Flammeneinwirkungszeit

Temperaturanstieg außen: Ta = 532° - 94o° = 4o8° Temperaturdifferenz

Temperaturanstieg innen: Ti = 6o° - 25o° = 19o° Temperaturdifferenz

Nach der 2o. Min. Gesichtsweichteile vollständig verbrannt

35. Min. die OK-Frontzähne sind kalziniert, sie zerfallen bei Berührung in kleinste Partikel. Die Brücke sitzt mit ihren Ankern fest im Kiefer

Versuch: 13

Leiche:	D., F.
Liegezeit:	6 Tage
Alter:	67 J.
Geschlecht:	♂
Größe:	16o cm
Gewicht:	55 Kg
Ernährungszustand:	mager
Gebiß:	OK, UK zahnlos
Zahnersatz:	Vollprothese
Meßpunkt:	oberes Vestibulum
Mund:	geschlossen

Zeit (Min.)	Ta (° C)	Ti (° C)
5	48	6
1o	134	13
13	38o	16
15	84o	25
2o	83o	75
22	82o	1oo

13. Min. Sarg bricht ein Ta = 38o° C

13.-22. Min. = 9 Min. Flammeneinwirkungszeit

Temperaturanstieg außen: Ta = 38o° - 84o° = 46o° Temperaturdifferenz

Temperaturanstieg innen: Ti = 16° - 1oo° = 84° Temperaturdifferenz

Nach der 22. Min. Gesichtsweichteile vollständig verbrannt

Versuch: 14

Leiche:	G., F.
Liegezeit:	7 Tage
Alter:	84 J.
Geschlecht:	♀
Größe:	16o cm
Gewicht:	7o kg
Ernährungszustand:	adipös
Gebiß:	OK zahnlos, UK anteriores Restgebiß
Zahnersatz:	OK Vollprothese, UK Teilprothese
Meßpunkt:	interdental 42, 43
Mund:	geschlossen

Zeit (Min.)	Ta (° C)	Ti (° C)
5	86	-
8	41o	-
1o	72o	6
15	84o	8

8. Min. Sarg bricht ein Ta = 41o° C

8.-15. Min. = 7 Min. Flammeneinwirkungszeit

Temperaturanstieg außen: Ta = 41o° - 84o° = 43o° Temperaturdifferenz

Temperaturanstieg innen: Ti = o° - 8° = 8° Temperaturdifferenz

15. Min. der Kopf kippt nach hinten weg, die Sonde Ti rutscht aus dem Mund

Versuch: 15

Leiche:	W., J.
Liegezeit:	6 Tage
Alter:	37 J.
Geschlecht:	♂
Größe:	18o cm
Gewicht:	9o kg
Ernährungszustand:	normal
Gebiß:	vollbezahntes Gebiß
Zahnersatz:	keiner
Meßpunkt:	interdental 13, 14
Mund:	offen

Zeit (Min.)	Ta (° C)	Ti (° C)
5	56	-
1o	214	-
11	32o	16
15	78o	45
2o	96o	115
25	95o	146

11. Min. Sarg bricht ein Ta = 32o° C

11.-25. Min. = 14 Min. Flammeneinwirkungszeit

Temperaturanstieg außen: Ta = 32o° - 96o° = 64o° Temperaturdifferenz

Temperaturanstieg innen: Ti = 16° - 146° = 13o° Temperaturdifferenz

Nach der 25. Min. Gesichtsweichteile vollständig verbrannt

Versuch: 16

Leiche:	T., G.
Liegezeit:	8 Tage
Alter:	68 J.
Geschlecht:	♀
Größe:	155 cm
Gewicht:	5o kg
Ernährungszustand:	mager
Gebiß:	OK, UK zahnlos
Zahnersatz:	Vollprothese
Meßpunkt:	oberes Vestibulum
Mund:	geschlossen

Zeit (Min.)	Ta (° C)	Ti (° C)
5	98	-
1o	27o	-
11	335	-
15	72o	62
18	79o	98

11. Min. Sarg bricht ein Ta = 335° C

11.-18. Min. = 7 Min. Flammeneinwirkungszeit

Temperaturanstieg außen: Ta = 335° - 79o° = 455° Temperaturdifferenz

Temperaturanstieg innen: Ti = o° - 98° = 98° Temperaturdifferenz

Nach der 18. Min. Gesichtsweichteile vollständig verbrannt

Versuch: 17

Leiche:	H., A.
Liegezeit:	4 Tage
Alter:	74 J.
Geschlecht:	♀
Größe:	16o cm
Gewicht:	7o kg
Ernährungszustand:	adipös
Gebiß:	OK, UK zahnlos
Zahnersatz:	Vollprothese
Meßpunkt:	oberes Vestibulum
Mund:	geschlossen

Zeit (Min.)	Ta (° C)	Ti (° C)
5	12	-
1o	66	-
15	226	-
2o	415	-
23	75o	85

15. Min. Sarg bricht ein Ta = 226° C
15.-23. Min. = 8 Min. Flammeneinwirkungszeit
Temperaturanstieg außen: Ta = 226° - 75o° = 524°Temperaturdifferenz
Temperaturanstieg innen: Ti = o° - 85° = 85°Temperaturdifferenz
Nach der 23. Min. Gesichtsweichteile vollständig verbrannt

Versuch: 18

Leiche:	W., F.
Liegezeit:	6 Tage
Alter:	61 J.
Geschlecht:	♂
Größe:	18o cm
Gewicht:	85 kg
Ernährungszustand:	normal
Gebiß:	OK, UK bezahnt
Zahnersatz:	Brücke 14, 17
Meßpunkt:	Brückenglied 16
Mund:	geschlossen

Zeit (Min.)	Ta (° C)	Ti (° C)
5	7o	-
1o	26o	6
12	38o	7
15	76o	4o

12. Min. Sarg bricht ein Ta = 38o° C
12.-15. Min. = 3 Min. Flammeneinwirkungszeit
Temperaturanstieg außen: Ta = 38o° - 76o° = 38o° Temperaturdifferenz
Temperaturanstieg innen: Ti = 7° - 4o° = 33° Temperaturdifferenz
15. Min. der Kopf kippt nach hinten weg, die Sonde Ti rutscht aus dem Mund

Versuch: 19

Leiche:	K., J.
Liegezeit:	7 Tage
Alter:	79 J.
Geschlecht:	♂
Größe:	158 cm
Gewicht:	4o kg
Ernährungszustand:	mager
Gebiß:	OK, UK zahnlos
Zahnersatz:	keiner
Meßpunkt:	oberes Vestibulum
Mund:	geschlossen

Zeit (Min.)	Ta (° C)	Ti (° C)
5	184	-
1o	566	22
15	95o	124

1o. Min. Sarg bricht ein Ta = 566° C
1o.-15. Min. = 5 Min. Flammeneinwirkungszeit
Temperaturanstieg außen: Ta = 566° - 95o° = 384° Temperaturdifferenz
Temperaturanstieg innen: Ti = 22° - 124° = 1o2° Temperaturdifferenz
Nach der 15. Min. Gesichtsweichteile vollständig verbrannt
Der Mund hat sich u.U. während des Versuches geöffnet

Versuch: 2o

Leiche:	G., A.
Liegezeit:	9 Tage
Alter:	82 J.
Geschlecht:	♀
Größe:	165 cm
Gewicht:	5o kg
Ernährungszustand:	mager
Gebiß:	OK unbezahnt, UK anteriores Restgebiß
Zahnersatz:	OK Vollprothese, UK Teilprothese
Meßpunkt:	interdental 43, 44
Mund:	leicht geöffnet

Zeit (Min.)	Ta (° C)	Ti (° C)
5	122	-
1o	45o	25
13	94o	122
15	95o	148

1o. Min. Sarg bricht ein Ta = 45o° C
1o.-15. Min. = 5 Min. Flammeneinwirkungszeit
Temperaturanstieg außen: Ta = 45o° - 95o° = 5oo° Temperaturdifferenz
Temperaturanstieg innen: Ti = 25° - 148° = 123° Temperaturdifferenz
Nach der 15. Min. Gesichtsweichteile vollständig verbrannt

Versuch: 21

Leiche:	G., A.
Liegezeit:	6 Tage
Alter:	78 J.
Geschlecht:	♀
Größe:	16o cm
Gewicht:	45 kg
Ernährungszustand:	mager
Gebiß:	OK, UK zahnlos
Zahnersatz:	keiner
Meßpunkt:	oberes Vestibulum
Mund:	geschlossen

Zeit (Min.)	Ta (° C)	Ti (° C)
5	86	25
8	26o	38
1o	41o	42
16	96o	95

1o. Min. Sarg bricht ein Ta = 41o° C
1o.-16. Min. = 6 Min. Flammeneinwirkungszeit
Temperaturanstieg außen: Ta = 41o° - 96o° = 55o° Temperaturdifferenz
Temperaturanstieg innen: Ti = 42° - 95° = 53° Temperaturdifferenz
Nach der 16. Min. Gesichtsweichteile vollständig verbrannt

Versuch: 22

Leiche:	S., K.
Liegezeit:	7 Tage
Alter:	29 Jahre
Geschlecht:	♀
Größe:	168 cm
Gewicht:	6o kg
Ernährungszustand:	normal
Gebiß:	OK, UK vollbezahnt
Zahnersatz:	keiner
Meßpunkt:	interdental 12, 13
Mund:	geöffnet

Zeit (Min.)	Ta (° C)	Ti (° C)
5	122	25
7	39o	41
1o	78o	92
13	96o	112

7. Min. Sarg bricht ein Ta = 39o° C
7.-13. Min. = 6 Min. Flammeneinwirkungszeit
Temperaturanstieg außen: Ta = 39o° - 96o° = 57o° Temperaturdifferenz
Temperaturanstieg innen: Ti = 41° - 112° = 71° Temperaturdifferenz
Nach der 13. Min. Gesichtsweichteile vollständig verbrannt
2o. Min. Frontzähne zerstört (zerborsten), Seitenzähne kalziniert

Versuch: 23

Leiche:	S., E.
Liegezeit:	6 Tage
Alter:	78 J.
Geschlecht:	♂
Größe:	165 cm
Gewicht:	5o kg
Ernährungszustand:	mager
Gebiß:	OK 4 Zahnstümpfe, UK vollbezahnt
Zahnersatz:	keiner
Meßpunkt:	interdental 44, 45
Mund:	geschlossen

Zeit (Min.)	Ta (° C)	Ti (° C)
5	11o	5
1o	368	26
13	93o	74
14	96o	1o6

1o. Min.	Sarg bricht ein Ta = 368° C
1o.-14. Min.	= 4 Min. Flammeneinwirkungszeit
Temperaturanstieg	außen: Ta = 368° - 96o° = 592° Temperaturdifferenz
Temperaturanstieg	innen: Ti = 26° - 1o6° = 8o° Temperaturdifferenz
Nach der 14. Min.	Gesichtsweichteile vollständig verbrannt
22. Min.	Kronen der unteren Front nicht zerstört, aber kalziniert, die Zähne befinden sich noch in ihren Alveolen

Versuch: 24

Leiche:	D., L.
Liegezeit:	8 Tage
Alter:	83 J.
Geschlecht:	♀
Größe:	17o cm
Gewicht:	55 kg
Ernährungszustand:	mager
Gebiß:	OK, UK zahnlos
Zahnersatz:	Vollprothese
Meßpunkt:	oberes Vestibulum
Mund:	geschlossen

Zeit (Min.)	Ta (° C)	Ti (° C)
5	12	-
1o	38	6
13	29o	7
15	92o	38
2o	48o	42
21	48o	43

13. Min. Sarg bricht ein Ta = 29o° C

13.-21. Min. = 8 Min. Flammeneinwirkungszeit

Temperaturanstieg außen: Ta = 29o° - 92o° = 63o° Temperaturdifferenz

Temperaturanstieg innen: Ti = 7° - 43° = 36° Temperaturdifferenz

18. Min. der Kopf kippt mit der Sonde nach unten in einen Bereich niedrigerer Temperaturen Ta = 48o° C

Nach der 21. Min. Gesichtsweichteile vollständig verbrannt.

Versuch: 25

Leiche:	J., E.
Liegezeit:	4 Tage
Alter:	63 J.
Geschlecht:	♀
Größe:	17o cm
Gewicht:	7o kg
Ernährungszustand:	normal
Gebiß:	OK, UK anteriores Restgebiß
Zahnersatz:	keiner
Meßpunkt:	interdental 44, 45
Mund:	geschlossen

Zeit (Min.)	Ta (° C)	Ti (° C)
5	98	-
7	366	8
1o	745	26
13	95o	62
14	96o	86
15	95o	11o

7. Min. Sarg bricht ein Ta = 366° C
7.-15. Min. = 8 Min. Flammeneinwirkungszeit
Temperaturanstieg außen: Ta = 366° - 96o° = 594° Temperaturdifferenz
Temperaturanstieg innen: Ti = 8° - 11o° = 1o2° Temperaturdifferenz
Nach der 15. Min. Gesichtsweichteile vollständig verbrannt
2o. Min. 11, 21 noch fest in ihren Alveolen, die Kronen brechen bei Berührung ab

Versuch: 26

Leiche:	K., W.
Liegezeit:	5 Tage
Alter:	56 J.
Geschlecht:	♂
Größe:	175 cm
Gewicht:	9o kg
Ernährungszustand:	adipös
Gebiß:	OK, UK anteriores Restgebiß
Zahnersatz:	OK, UK Teilprothese
Meßpunkt:	interdental 43, 44
Mund:	offen

Zeit (Min.)	Ta (° C)	Ti (° C)
5	84	12
7	282	15
1o	64o	34
15	94o	62
2o	92o	122
23	96o	152

7. Min. Sarg bricht ein Ta = 282° C
7.-23. Min. = 16 Min. Flammeneinwirkungszeit
Temperaturanstieg außen: Ta = 282° - 96o° = 678° Temperaturdifferenz
Temperaturanstieg innen: Ti = 15° - 152° = 137° Temperaturdifferenz
Nach der 23. Min. Gesichtsweichteile vollständig verbrannt

Versuch: 27

Leiche:	O., A.
Liegezeit:	5 Tage
Alter:	73 J.
Geschlecht:	♀
Größe:	165 cm
Gewicht:	6o kg
Ernährungszustand:	mager
Gebiß:	OK (Lückengebiß). UK (anteriores Gebiß)
Zahnersatz:	keiner
Meßpunkt:	interdental 44, 45
Mund:	geschlossen

Zeit (Min.)	Ta (° C)	Ti (° C)
5	11o	-
1o	296	-
13	368	-
15	48o	4
2o	84o	15
23	84o	62
24	82o	86

13. Min. Sarg bricht ein Ta = 368° C
13.-24. Min. = 11 Min. Flammeneinwirkungszeit
Temperaturanstieg außen: Ta = 368° - 84o° = 472° Temperaturdifferenz
Temperaturanstieg innen: Ti = o° - 86° = 86° Temperaturdifferenz
Nach der 24. Min. Gesichtsweichteile vollständig verbrannt

Versuch: 28

Leiche:	E., G.
Liegezeit:	5 Tage
Alter:	54 J.
Geschlecht:	♀
Größe:	168 cm
Gewicht:	65 kg
Ernährungszustand:	normal
Gebiß:	OK, UK zahnlos
Zahnersatz:	Vollprothese
Meßpunkt:	oberes Vestibulum
Mund:	leicht geöffnet

Zeit (Min.)	Ta (° C)	Ti (° C)
5	122	8
1o	45o	1o
12	86o	62
15	91o	99
16	83o	1o2

1o. Min. Sarg bricht ein Ta = 45o° C
1o.-16. Min. = 6 Min. Flammeneinwirkungszeit
Temperaturanstieg außen: Ta = 45o° - 91o° = 46o° Temperaturdifferenz
Temperaturanstieg innen: Ti = 1o° - 1o2° = 92° Temperaturdifferenz
Nach der 16. Min. Gesichtsweichteile vollständig verbrannt

Versuch: 29

Leiche:	S., E.
Liegezeit:	8 Tage
Alter:	69 J.
Geschlecht:	♀
Größe:	17o cm
Gewicht:	65 kg
Ernährungszustand:	normal
Gebiß:	OK, UK bezahnt
Zahnersatz:	keiner
Meßpunkt:	interdental 23, 24
Mund:	geschlossen

Zeit (Min.)	Ta (° C)	Ti (° C)
5	74	12
8	626	16
1o	84o	2o
13	92o	62

8. Min. Sarg bricht ein Ta = 626° C

8.-13. Min. = 5 Min. Flammeneinwirkungszeit

Temperaturanstieg außen: Ta = 626° - 92o° = 294° Temperaturdifferenz

Temperaturanstieg innen: Ti = 16° - 62° = 46° Temperaturdifferenz

Nach der 13. Min. Gesichtsweichteile vollständig verbrannt

Versuch: 3o

Leiche:	K., P.
Liegezeit:	5 Tage
Alter:	29 J.
Geschlecht:	♂
Größe:	185 cm
Gewicht:	95 kg
Ernährungszustand:	adipös
Gebiß:	OK, UK vollbezahnt
Zahnersatz:	keiner
Meßpunkt:	interdental 12, 11
Mund:	geschlossen

Zeit (Min.)	Ta (° C)	Ti (° C)
5	95	5
1o	62o	7
15	72o	8
2o	72o	1o
25	68o	21
3o	71o	36
35	65o	62

1o. Min.	Sarg bricht ein Ta = 62o° C
1o.-35. Min.	= 25 Min. Flammeneinwirkungszeit
Temperaturanstieg außen:	Ta = 62o° - 72o° = 1oo° Temperaturdifferenz
Temperaturanstieg innen:	Ti = 7° - 62° = 55° Temperaturdifferenz
Nach der 35. Min.	Gesichtsweichteile vollständig verbrannt
4o. Min.	keine Krone zerstört, die Zähne befinden sich in ihren Alveolen, relativ fester Sitz

VII. AUSWERTUNG DER DURCHGEFÜHRTEN VERSUCHE

Die vorliegenden 3o Versuchsergebnisse ermöglichen in bestimmten Grenzen eine Auswertung bezüglich des Temperaturverhaltens des menschlichen Körpers, insbesondere der Gesichtsweichteile und der Zähne, unter Einwirkung von Flammen höher Temperaturen über unterschiedlich lange Einwirkungszeiten. Die Messung der Flammentemperatur und der Temperatur im Mundinneren erlaubt Rückschlüsse bezüglich der bei Bränden üblichen Hitzeschäden des Gebisses unter Berücksichtigung verschiedener Kriterien.

Einzelne Versuche, z.B. 1, 6, 14, 18, können in eine Auswertung nicht einbezogen werden, weil Temperaturmessungen durch besondere Umstände nicht mit der notwendigen Zuverlässigkeit durchgeführt werden konnten.

In anderen Fällen ergab sich die Möglichkeit zu Beobachtungen, die von allgemeinem Interesse sind:

Versuch 5:
Niedrige Temperatur, 3o Min. Außentemperatur (Ta) unter 7oo° C

Versuch 9:
Zerstörung der Frontzähne

Versuch 12:
Oberkiefer-Frontzähne kalziniert, keine Kalzination der Brückenanker 14, 17

Versuch 22, 23 und 25:
Frontzähne kalziniert

Versuch 3o:
Niedrige Temperatur, 25 Min. Außentemperatur 65o° - 75o° C.
Keine Kalzination der Frontzähne.

Die Temperaturen in der Mundhöhle waren generell - verglichen mit den Außentemperaturen - unerwartet niedrig, so daß von einer sehr schlechten Temperaturleitfähigkeit der Gesichtsweichteile ausgegangen werden muß.

Das Temperaturverhalten innerhalb und außerhalb der Mundhöhle war bei den durchgeführten Versuchen unterschiedlich. Hierfür sind möglicherweise unterschiedliche Versuchsbedingungen oder aber andere Umstände verantwortlich. Es wird daher versucht, das Temperaturverhalten in Abhängigkeit von verschiedenen Kriterien und Umständen zu sehen:

1. Lebensalter
2. Ernährungszustand
3. Zahnersatz
4. Geschlecht
5. Mund geschlossen, offen
6. Temperaturdifferenz außen -,innen.

1. LEBENSALTER

Theoretisch besteht die Möglichkeit, daß das Lebensalter für den Ablauf des Verbrennungsvorganges Bedeutung besitzen könnte. Hier dürfte insbesondere der Temperaturanstieg in der Mundhöhle und die Zeit, die bis zur völligen Zerstörung der Gesichtsweichteile verstreicht, interessant sein. Die Haut von Menschen höheren Lebensalters ist saftärmer als die von jüngeren. Daher wäre zu erwarten, daß bei älteren eine kürzere Zeit bis zur Einäscherung der Gesichtsweichteile benötigt wird.

Da die Temperaturmessung an Leichen bei der Einäscherung im Krematorium gewonnen wurde, liegt das durchschnittliche Lebensalter relativ hoch. Die Hälfte der Leichen war über 7o Jahre alt.

Die durchgeführten Versuche gestatten eine Einteilung in 4 Altersgruppen:

Altersgruppe	I	über 7o J.,	15 Einäscherungen
	II	6o - 69 J.,	5 Einäscherungen
	III	5o - 59 J.,	3 Einäscherungen
	IV	unter 4o J.,	3 Einäscherungen

Tabelle 1:

Einäscherung der Gesichtsweichteile nach Alter, Temperatur und Zeit

Nr.	Versuch	Altersgruppe	Alter	m = mager n = normal a = adipös E Z	Temperatur innerhalb der Mundhöhle Ti (° C)	Temperatur außerhalb der Mundhöhle (Sarg) Ta (° C)	Zeit b.z. Einäscherung der Gesichtsweichteile (Min.)
1	7	I	84	m	0 - 74 = 74	39o - 85o = 46o	17
2	24	I	83	m	7 - 43 = 36	29o - 92o = 63o	8
3	2o	I	82	m	25 - 148 = 123	45o - 95o = 5oo	5
4	1o	I	8o	n	22 - 11o = 88	35o - 93o = 58o	13
5	2	I	79	n	0 - 86 = 86	366 - 86o = 494	21
6	4	I	79	m	0 - 1o2 = 1o2	27o - 91o = 64o	2o
7	8	I	79	a	0 - 85 = 85	64o - 86o = 22o	42
8	11	I	79	a	0 - 11o = 11o	57o - 77o = 2oo	9
9	19	I	79	m	22 - 124 = 1o2	566 - 95o = 384	5
1o	21	I	78	m	42 - 95 = 53	41o - 96o = 55o	6
11	23	I	78	m	26 - 1o6 = 8o	368 - 96o = 592	4
12	3	I	74	m	0 - 98 = 98	362 - 865 = 5o3	14
13	17	I	74	a	0 - 85 = 85	226 - 75o = 524	8
14	27	I	73	m	0 - 86 = 86	368 - 84o = 472	11
15	5	I	71	n	0 - 4o = 4o	42o - 96o = 54o	42
16	29	II	69	n	16 - 62 = 46	626 - 92o = 294	5
17	16	II	68	m	0 - 98 = 98	335 - 79o = 455	7
18	13	II	67	m	16 - 1oo = 84	38o - 84o = 46o	9
19	12	II	65	m	6o - 25o = 19o	532 - 94o = 4o8	5
2o	25	II	63	n	8 - 11o = 1o2	366 - 96o = 594	8
21	26	III	56	a	15 - 152 = 137	282 - 96o = 678	16
22	28	III	54	n	1o - 1o2 = 92	45o - 91o = 46o	6
23	9	III	52	a	0 - 98 = 98	342 - 94o = 598	38
24	15	IV	37	n	16 - 146 = 13o	32o - 96o = 64o	14
25	22	IV	29	n	41 - 112 = 71	39o - 96o = 57o	6
26	3o	IV	29	a	7 - 62 = 55	62o - 72o = 1oo	25

Nicht berücksichtigt wurden bei der Auswertung:

1.) da nicht bis zur vollständigen Einäscherung durchgeführt die Versuche 1, 6, 14 und 18

2.) wegen zu niedriger Außentemperaturen Nr. 2 und 15

3.) wegen offener Mundspalte: Nr. 3, 19, 21 und 24

Tabelle 2:

Einäscherung der Gesichtsweichteile nach Alter, Temperatur und Zeit

Altersgruppe	n	Temperatur innen	Temperatur außen	Zeit
I über 7o	12	9° - 97° = 88°	4o7° - 875° = 468°	14 Min.
II 6o - 69	4	1o° - 93° = 83°	427° - 878° = 451°	7 Min.
III 5o - 59	2	5° - 1oo° = 95°	396° - 925° = 529°	22 Min.
IV unter 4o	2	24° - 87° = 63°	5o5° - 84o° = 335°	16 Min.

Der Temperaturanstieg in der Mundhöhle ist in den verschiedenen Altersgruppen fast gleich. Lediglich in Gruppe IV fällt der Wert von Ti = 87° C etwas aus dem Rahmen. Hier dürfte die geringe Zahl der Versuche ursächlich sein.

Die Zeit bis zur Einäscherung der Gesichtsweichteile schwankt stärker. Da bezüglich des Lebensalters in Verbindung mit der Zerstörung der Weichteile kein einheitliches Verhalten festzustellen ist, ergeben sich keine Anhaltspunkte dafür, daß das Lebensalter irgendeine Bedeutung für die schnellere oder langsamere Zerstörung der Gesichtsweichteile haben könnte.

Für den Zeitpunkt der Zerstörung der Gesichtsweichteile wäre bei jüngeren Individuen eine Verzögerung gegenüber älteren zu erwarten, da das juvenile Gewebe saftreicher ist als das senile. Untersucht man die vier Altersgruppen bezüglich ihres

Ernährungszustandes, so ist festzustellen, daß sich in der Altersgruppe II kein Adipöser, in Altersgruppe III zwei Adipöse und in Altersgruppe IV ein Adipöser befinden.

Dies könnte als Hinweis dafür angesehen werden, daß der adipöse Ernährungszustand eine verlangsamte Einäscherung zur Folge haben könnte. Die längeren Verbrennungszeiten bei Adipösen und ihre unterschiedliche Verteilung in den einzelnen Altersgruppen können daher das Bild verzerren.

Anschließend wird die Einäscherung der Gesichtsweichteile nach Alter, Temperatur und Zeit unter Berücksichtigung des Ernährungszustandes untersucht. Dabei unterteilten wir das Untersuchungsgut in 2 Gruppen:

mageren und normalen EZ
adipösen EZ.

Tabelle 3:

Einäscherung der Gesichtsweichteile nach Alter, Temperatur und Zeit bei mageren und normalen EZ

Altersgruppe	n	Temperatur innen	Temperatur außen	Zeit
I über 7o	9	12° - 98° = 86°	383° - 9o3° = 52o°	12 Min.
II 6o - 69	4	1o° - 93° = 83°	427° - 878° = 451°	7 Min.
III 5o - 59	1	1o° - 1o2° = 92°	45o° - 91o° = 46o°	6 Min.
IV unter 4o	1	41° - 112° = 71°	39o° - 96o° = 57o°	6 Min.

Der Temperaturanstieg innen und außen ist in den Altersgruppen annähernd gleich, dagegen fällt auf, daß die Zeit bis zur Einäscherung der Gesichtsweichteile in Altersgruppe I mit 12 Minuten gegenüber den anderen Altersgruppen relativ hoch liegt.

Von den 9 Versuchen in Gruppe I wurden 6 (Versuch 2, 3, 4, 5, 7 und 1o) in einem Ofen ohne Rekuperator durchgeführt (s S. 16). Bei diesen Versuchen lagen die Temperaturen der Muffelkammer (Außentemperaturen Ta) etwas niedriger, dadurch läßt sich die längere Zeit bis zur Einäscherung der Gesichtsweichteile erklären.

Tabelle 4:

Einäscherung der Gesichtsweichteile nach Alter, Temperatur und Zeit bei adipösen EZ

Altersgruppe	n	Temperatur innen	Temperatur außen	Zeit
I über 7o	3	0° - 93° = 93°	479° - 793° = 314°	2o Min.
II 6o - 69	-	-	-	-
III 5o - 59	1	0° - 98° = 98°	342° - 94o° = 598°	38 Min.
IV unter 4o	1	7° - 62° = 55°	62o° - 72o° = 1oo°	25 Min.

Im Vergleich mit den Werten der Tabelle 3 fällt auf, daß bis zur Einäscherung der Gesichtsweichteile bei den Adipösen bedeutend längere Zeiten benötigt werden.

Durch die geringe Anzahl der Versuche bei den einzelnen Altersgruppen ergibt sich eine derartige Streuung, daß bezüglich des Alters keine Aussagen getroffen werden können.

Abschließend kann festgestellt werden, daß sich keine Anhaltspunkte dafür ergeben, daß das Alter für den Temperaturanstieg Ti in der Mundhöhle und die Verbrennungszeit von Lippen und Wangen von Bedeutung sein könnte.

2. ERNÄHRUNGSZUSTAND

Da bei der Untersuchung des Lebensalters ein Hinweis auf die Möglichkeit der Beeinflussung des Temperaturverhaltens in der Mundhöhle durch den EZ gefunden wurde, erfolgte eine gesonderte Untersuchung bezüglich des EZ.

Bei der Beurteilung der Frage, inwieweit der Ernährungszustand den Temperaturanstieg in der Mundhöhle und die Verbrennungszeiten beeinflußt, unterteilten wir das Untersuchungsgut nach den Kriterien: mager, normal, adipös.

Da es sich bei der Mehrzahl der Versuche um alte Menschen handelt, waren die Mageren prozentual stärker vertreten als die Normalen und Adipösen.

Tabelle 5:

Einäscherung der Gesichtsweichteile nach Ernährungszustand, Temperatur u. Zeit

Nr.	Versuch	m = mager n = normal a = adipös E Z	Temperatur innerhalb der Mundhöhle Ti (° C)	Temperatur außerhalb der Mundhöhle (Sarg) Ta (° C)	Zeit b.z. Einäscherung der Gesichtsweichteile (Min.)
1	3	m	0 - 98 = 98	362 - 865 = 5o3	14
2	4	m	0 - 1o2 = 1o2	27o - 91o = 64o	2o
3	7	m	0 - 74 = 74	39o - 85o = 46o	17
4	12	m	6o - 25o = 19o	532 - 94o = 4o8	5
5	13	m	16 - 1oo = 84	38o - 84o = 46o	9
6	16	m	0 - 98 = 98	335 - 79o = 455	7
7	19	m	22 - 124 = 1o2	566 - 95o = 384	5
8	2o	m	25 - 148 = 123	45o - 95o = 5oo	5
9	21	m	42 - 95 = 53	41o - 96o = 55o	6
1o	23	m	26 - 1o6 = 8o	368 - 96o = 592	4
11	24	m	7 - 43 = 36	29o - 92o = 63o	8
12	27	m	0 - 86 = 86	368 - 84o = 472	11
13	2	n	0 - 86 = 86	366 - 86o = 494	21
14	5	n	0 - 4o = 4o	42o - 96o = 54o	42
15	1o	n	22 - 11o = 88	35o - 93o = 58o	13
16	15	n	16 - 146 = 13o	32o - 96o = 64o	14
17	22	n	41 - 112 = 71	39o - 96o = 57o	6
18	25	n	8 - 11o = 1o2	366 - 96o = 594	8
19	28	n	1o - 1o2 = 92	45o - 91o = 46o	6
2o	29	n	16 - 62 = 46	626 - 92o = 294	5
21	8	a	0 - 85 = 85	64o - 86o = 22o	42
22	9	a	0 - 98 = 98	342 - 94o = 598	38
23	11	a	0 - 11o = 11o	57o - 77o = 2oo	9
24	17	a	0 - 85 = 85	226 - 75o = 524	8
25	26	a	15 - 152 = 137	282 - 96o = 678	16
26	3o	a	7 - 62 = 55	62o - 72o = 1oo	25

nicht berücksichtigt wurden bei der Auswertung:

1.) da nicht bis zur vollständigen Einäscherung durchgeführt die Versuche 1, 6, 14 und 18

2.) wegen zu niedriger Außentemperaturen: Nr. 11 und 14

3.) wegen offener Mundspalte: Nr. 4, 8, 16 und 25

Tabelle 6:

Einäscherung der Gesichtsweichteile nach Ernährungszustand, Temperatur und Zeit

EZ	n	Temperatur innen Ti (° C)	Temperatur außen Ta (° C)	Zeit bis zur Einäscherung (Min.)
mager	9	12 - 98 = 86	383 - 885 = 5o2	1o
normal	6	16 - 97 = 81	424 - 923 = 499	1o
adipös	5	1 - 88 = 87	48o - 8o8 = 328	24

Der Temperaturanstieg in der Mundhöhle (Ti) ist in allen drei Gruppen gleich, wird also vom Ernährungszustand nicht beeinflußt. Die Verbrennungszeiten von Wangen und Lippen sind bei Mageren und Normalen gleich, bei Adipösen wurden bedeutend längere Verbrennungszeiten beobachtet.

Die längeren Verbrennungszeiten dürften bei den Adipösen auf das stärkere subcutane Fettgewebe zurückzuführen sein.

Von den insgesamt fünf Versuchen mit Adipösen wurden allerdings bei zwei Versuchen über längere Zeit niedrige Außentemperaturen gemessen, die bei der geringen Zahl der Adipösen in unserem Untersuchungsgut für die längeren Verbrennungszeiten verantwortlich sein könnten.

Versuch 8: Flammeneinwirkungszeit 35 Minuten
Ta unter 44o° C,

Versuch 3o: Flammeneinwirkungszeit 25 Minuten
Ta unter 72o° C.

Fettgewebe besteht zum größten Teil aus Wasser, daher dauert es lange, bis das Stadium der Verkohlung eingetreten ist. Das subcutane Fettgewebe stellt dem Verbrennungsprozeß eine große Barriere entgegen, es vergeht eine geraume Zeit, bis sie überwunden ist.

In der Wange befindet sich zwischen Musculus buccinator und Musculus masseter der Bichatsche Wangenfettpfropf, der einen besonderen Schutz für die Seitenzähne darstellt. Dieser Wangenfettpropf ist in Bezug auf seine Größe individuell sehr geringen Schwankungen unterworfen. Daher ist die gleiche Zeitspanne bei normalem und magerem Ernährungszustand zu erklären. Bei adipösen Menschen mag der Bichatsche Wangenfettpfropf wohl in geringem Maße größer ausgebildet sein, aber die Hauptursache für die soviel längere Verbrennungszeit von Wangen und Lippen ist in der Vermehrung des gesamten subcutanen Fettgewebes sowohl der Wangen als auch der Lippen zu suchen.

Eine sichere Aussage, daß die Gesichtsweichteile der Adipösen den Flammen länger widerstehen als die von Mageren, kann nicht gemacht werden, da in unserem Untersuchungsgut nur fünf Adipöse gewertet werden konnten.

In diesem Zusammenhang muß auf die Bedeutung eines renalen Oedems hingewiesen werden, das den Verbrennungsprozeß aufhalten kann. Dahingehende Beobachtungen konnten aber nicht gemacht werden, da sich im Untersuchungsgut kein Fall mit einem Wangenoedem befand.

3. ZAHNBESTAND: Zahnersatz - eigene Zähne

Der Anlaß für die folgende Untersuchung war die Lagesicherung des Meßpunktes der Sonde Ti. In den Versuchsfällen mit eigenen Zähnen war die Fixierung der Sonde Ti genauer möglich, weil die Sonde interdental sehr sicher befestigt werden konnte. Die Sonde wurde zwischen den Zähnen von vestibulär nach oral derart vorgeschoben, daß der Meßpunkt etwa 1 mm aus dem marginalen Zahnfleisch nach oral herausragte. Die Lage des Meßpunktes war fest und sicher gewährleistet und lag bei den Versuchen mit eigenen Zähnen immer oral. Bei Zahnlosen dagegen lag der Meßpunkt im oberen Vestibulum in regio praemolaris.
Der Meßpunkt "oberes Vestibulum" trifft für alle Versuche an Zahnlosen zu, gleichgültig, ob den Leichen Prothesen eingesetzt waren oder nicht.

Der Temperaturanstieg in der Mundhöhle kann theoretisch nicht von dem Zahnbestand beeinflußt werden.

Die Wärmeisolation in der Mundhöhle ist unabhängig vom Zahnstatus und der Art des Zahnersatzes, sie ergibt sich durch die Gesichtsweichteile und deren individuelle Gewebsschichten.

Durch die vestibuläre Lage des Meßpunktes bei den Versuchen an zahnlosen Leichen bekamen die Sonden eine geschütztere Lage hinsichtlich Wärmestrahlung und-strömung. Wärmestrahlung kommt nur im Cavum oris in Betracht, nicht jedoch im Vestibulum, da sich Strahlen nur gradlinig fortsetzen können. Da sich die Wange den Buccalflächen der Zähne - ähnlich dem Reißverschlußprinzip - anlegt und das Vestibulum dicht verschließt, ist dort die Wärmeströmung gleich Null. Bezüglich der Wärmeleitung ist zu sagen, daß bei vestibulärer Lage des Meßpunktes (Zahnlose) die Wärmeleitung zur Übertragung von Wärmemenge herangezogen werden muß, da die Sonde die Mundschleimhaut

berührt. Bei oraler Lage (eigene Zähne) tritt keine direkte Wärmeleitung auf, da der Meßpunkt die Mundschleimhaut nicht berührt.

Die unterschiedliche Übertragung der Wärmemenge bei zahnlosen Leichen und solchen mit eigenen Zähnen auf einen Blick:

	zahnlos	eigene Zähne
Strahlung	-	x
Strömung	-	x
Leitung	x	-

Bei Zahnlosen kommt nur die Wärmeleitung durch das Gewebswasser der Mundweichteile in Betracht. Wärmestrahlung und -strömung erreichen den Meßpunkt der Sonde Ti nicht wegen ihrer geschützten Lage im Vestibulum.

Bei noch vorhandenen eigenen Zähnen, wo der Meßpunkt oral liegt und keine Berührung mit der Wangenschleimhaut hat, kommt es nicht zur Wärmeleitung, aber zur Wärmestrahlung und -strömung, da der Meßpunkt frei in das Cavum oris ragt.

Die folgende Tabelle 7 und deren Auswertung werden zeigen, ob die Lage des Meßpunktes im Vestibulum oder im Cavum oris zu unterschiedlichen Meßergebnissen führt.

Tabelle 7:

Einäscherung der Gesichtsweichteile nach Zahnbestand, Temperatur und Zeit

Nr.	Versuch	eigene Zähne	Temperatur innerhalb der Mundhöhle Ti (° C)	Temperatur außerhalb der Mundhöhle Ta (° C)	Zeit b.z. Einäscherung der Gesichtsweichteile (Min.)
1	2	ø	0 - 86 = 86	366 - 86o = 494	21
2	3	ø	0 - 98 = 98	362 - 865 = 5o3	14
3	4	ø	0 - 1o2 = 1o2	27o - 91o = 64o	2o
4	5	ø	0 - 4o = 4o	42o - 96o = 54o	42
5	7	ø	0 - 74 = 74	39o - 85o = 46o	17
6	8	ø	0 - 85 = 85	64o - 86o = 22o	42
7	1o	ø	22 - 11o = 88	35o - 93o = 58o	13
8	11	ø	0 - 11o = 11o	57o - 77o = 2oo	9
9	13	ø	16 - 1oo = 84	38o - 84o = 46o	9
1o	16	ø	0 - 98 = 98	335 - 79o = 455	7
11	17	ø	0 - 85 = 85	226 - 75o = 524	8
12	19	ø	22 - 124 = 1o2	566 - 95o = 384	5
13	21	ø	42 - 95 = 53	41o - 96o = 55o	6
14	24	ø	7 - 43 = 36	29o - 92o = 63o	8
15	28	ø	1o - 1o2 = 92	45o - 91o = 46o	6
16	9	x	0 - 98 = 98	342 - 94o = 598	38
17	12	x	6o - 25o = 19o	532 - 94o = 4o8	5
18	15	x	16 - 146 = 13o	32o - 96o = 64o	14
19	2o	x	25 - 148 = 123	45o - 95o = 5oo	5
2o	22	x	41 - 112 = 71	39o - 96o = 57o	6
21	23	x	26 - 1o6 = 8o	368 - 96o = 592	4
22	25	x	8 - 11o = 1o2	366 - 96o = 594	8
23	26	x	15 - 152 = 137	282 - 96o = 678	16
24	27	x	0 - 86 = 86	368 - 84o = 472	11
25	29	x	16 - 62 = 46	626 - 92o = 294	5
26	3o	x	7 - 62 = 55	62o - 72o = 1oo	25

nicht berücksichtigt werden bei der Auswertung:

1.) da nicht bis zur vollständigen Einäscherung durchgeführt die Versuche 1, 6, 14 und 18

2.) wegen zu niedrigen Außentemperaturen: Nr. 4 und 14

3.) wegen offener Mundspalte: Nr. 17, 18, 19 und 23

Tabelle 8:

Einäscherung der Gesichtsweichteile nach Zahnbestand, Temperatur und Zeit

Zahnbestand	n	Temperatur innen (Ti) (° C)	Temperatur außen (Ta) (° C)	Zeit bis zur Einäscherung (Min.)
zahnlos	13	8 - 98 = 9o	4o9 - 865 = 456	14
eigene Zähne	7	14 - 91 = 77	44o - 9oo = 46o	14

Die Werte der Temperatur- und Zeitmessungen sind in beiden Gruppen gleich. Die Wärmeisolation oder der Wärmeschutz wird vom Zahnbestand nicht beeinflußt. Dieses Ergebnis war auch zu erwarten und soll nur die gleiche Wertigkeit des Meßpunktes Ti an Leichen mit noch vorhandenen eigenen Zähnen (oral) und zahnlosen (vestibulär) unterstreichen.

4. MÄNNER - FRAUEN

Der Flüssigkeitsgehalt der Haut ist beim weiblichen Geschlecht größer als beim männlichen. Auch die Fettverteilung bzw. die Stärke des subcutanen Fettgewebes ist bei den Geschlechtern unterschiedlich. Das weibliche Geschlecht verfügt über größere Fettdepots. Daher wäre bei Frauen ein besserer Wärmeschutz als bei Männern zu erwarten.

Ob der Temperaturanstieg in der Mundhöhle oder die Zeit bis zur Einäscherung der Gesichtsweichteile bei Frauen und Männern Unterschiede aufweisen, soll die folgende Untersuchung zeigen.

Tabelle 9:

Einäscherung der Gesichtsweichteile nach Geschlecht, Temperatur und Zeit

Nr.	Versuch	Geschlecht	Temperatur innerhalb der Mundhöhle Ti (° C)	Temperatur außerhalb der Mundhöhle Ta (° C)	Zeit b.z. Einäscherung der Gesichtsweichteile (Min.)
1	2	♂	0 - 86 = 86	366 - 86o = 494	21
2	5	♂	0 - 4o = 4o	42o - 96o = 54o	42
3	7	♂	0 - 74 = 74	39o - 85o = 46o	17
4	8	♂	0 - 85 = 85	64o - 86o = 22o	42
5	12	♂	6o - 25o = 19o	532 - 94o = 4o8	5
6	13	♂	16 - 1oo = 84	38o - 84o = 46o	9
7	15	♂	16 - 146 = 13o	32o - 96o = 64o	14
8	19	♂	22 - 124 = 1o2	566 - 95o = 384	5
9	23	♂	26 - 1o6 = 8o	368 - 96o = 592	4
1o	26	♂	15 - 152 = 137	282 - 96o = 678	16
11	3o	♂	7 - 62 = 55	62o - 72o = 1oo	25
12	3	♀	0 - 98 = 98	362 - 865 = 5o3	14
13	4	♀	0 - 1o2 = 1o2	27o - 91o = 64o	2o
14	9	♀	0 - 98 = 98	342 - 94o = 598	38
15	1o	♀	22 - 11o = 88	35o - 93o = 58o	13
16	11	♀	0 - 11o = 11o	57o - 77o = 2oo	9
17	16	♀	0 - 98 = 98	335 - 79o = 455	7
18	17	♀	0 - 85 = 85	226 - 75o = 524	8
19	2o	♀	25 - 148 = 123	45o - 95o = 5oo	5
2o	21	♀	42 - 95 = 53	41o - 96o = 55o	6
21	22	♀	41 - 112 = 71	39o - 96o = 57o	6
22	24	♀	7 - 43 = 36	29o - 92o = 63o	8
23	25	♀	8 - 11o = 1o2	366 - 96o = 594	8
24	27	♀	0 - 86 = 86	368 - 84o = 472	11
25	28	♀	1o - 1o2 = 92	45o - 91o = 46o	6
26	29	♀	16 - 62 = 46	626 - 92o = 294	5

nicht berücksichtigt werden bei der Auswertung:

1.) da nicht bis zur vollständigen Einäscherung durchgeführt die Versuche: 1, 6, 14 und 18

2.) wegen zu niedriger Außentemperaturen: Nr. 2 und 22

3.) wegen offener Mundspalte: Nr. 5, 7, 2o und 26

Tabelle 1o:

Einäscherung der Gesichtsweichteile nach Geschlecht, Temperatur und Zeit

Geschlecht	n	Temperatur innen (Ti) (° C)	Temperatur außen (Ta) (° C)	Zeit bis zur Einäscherung (Min.)
Männer	7	1o - 91 = 81	476 - 863 = 387	17
Frauen	13	11 - 97 = 86	39o - 885 = 495	12

Bei Männern und Frauen kann kein Unterschied bezüglich des Temperaturanstieges in der Mundhöhle oder der Zeit bis zur Einäscherung der Gesichtsweichteile festgestellt werden. Die Zeit bis zur Einäscherung ist bei den Männern um 5 Minuten länger, nämlich 17 Minuten gegenüber 12 Minuten bei Frauen; der Grund hierfür dürften die niedrigeren Außentemperaturen bei den Männern sein.

Da es sich bei unseren Versuchen um ältere Frauen handelt (nur 3 sind unter 6o Jahre), ist der Saftreichtum der Haut gegenüber dem männlichen Geschlecht nicht mehr so erheblich. Ähnlich verhält es sich mit der Fettverteilung. Die geschlechtsspezifischen Unterschiede in dem Saftreichtum der Haut und der Verteilung der Fettdepots sind in der Menopause nicht mehr so groß. Bei jüngeren Frauen wäre aber aus den oben angeführten Gründen ein besserer Wärmeschutz als bei Männern denkbar. Diese These konnten wir leider statistisch nicht belegen wegen der geringen Anzahl von Leichen jüngeren Lebensalters in unserem Versuchsgut. Aus dem gleichen Grund war es auch nicht möglich, eine Aussage über den Wärmeschutz der Gesichtsweichteile in den verschiedenen Altersgruppen zu treffen.

5. MUNDÖFFNUNG

Bei geschlossenem Mund wird der Temperaturanstieg im Mundinneren natürlich geringer als bei offenem Mund sein. Während bei geschlossenem Mund die Wärme nur durch Wärmeleitung via Mundschleimhaut übertragen werden kann, treten bei offenem Mund noch Wärmestrahlung und Wärmeströmung hinzu. Die folgende Untersuchung soll zeigen, um wieviel höher der Temperaturanstieg in der Mundhöhle bei geöffnetem Mund ist.

Tabelle 11:

Einäscherung der Gesichtsweichteile nach Mundöffnung, Temperatur und Zeit

Nr.	Versuch	A = Auf Z = Zu	Temperatur innerhalb der Mundhöhle Ti (° C)	Temperatur außerhalb der Mundhöhle Ta (° C)	Zeit b.z. Einäscherung der Gesichtsweichteile (Min.)
1	2	Z	0 - 86 = 86	366 - 86o = 494	21
2	3	Z	0 - 98 = 98	362 - 865 = 5o3	14
3	4	Z	0 - 1o2 = 1o2	27o - 91o = 64o	2o
4	5	Z	0 - 4o = 4o	42o - 96o = 54o	42
5	7	Z	0 - 74 = 74	39o - 85o = 46o	17
6	8	Z	0 - 85 = 85	64o - 86o = 22o	42
7	9	Z	0 - 98 = 98	342 - 94o = 598	38
8	1o	Z	22 - 11o = 88	35o - 93o = 58o	13
9	11	Z	0 - 11o = 11o	57o - 77o = 2oo	9
1o	13	Z	16 - 1oo = 84	38o - 84o = 46o	9
11	16	Z	0 - 98 = 98	335 - 79o = 455	7
12	17	Z	0 - 85 = 85	226 - 75o = 524	8
13	19	Z	22 - 124 = 1o2	566 - 95o = 384	5
14	21	Z	42 - 95 = 53	41o - 96o = 55o	6
15	23	Z	26 - 1o6 = 8o	368 - 96o = 592	4
16	24	Z	7 - 43 = 36	29o - 92o = 63o	6
17	25	Z	8 - 11o = 1o2	366 - 96o = 594	8
18	27	Z	0 - 86 = 86	368 - 84o = 472	11
19	29	Z	16 - 62 = 46	626 - 92o = 294	5
2o	3o	Z	7 - 62 = 55	62o - 72o = 1oo	25
21	12	A	6o - 25o = 19o	532 - 94o = 4o8	5
22	15	A	16 - 146 = 13o	32o - 96o = 64o	14
23	2o	A	25 - 148 = 123	45o - 95o = 5oo	5
24	22	A	41 - 112 = 71	39o - 96o = 57o	6
25	26	A	15 - 152 = 137	282 - 96o = 678	16
26	28	A	1o - 1o2 = 92	45o - 91o = 46o	6

nicht berücksichtigt werden bei der Auswertung:

1.) da nicht bis zur vollständigen Einäscherung durchgeführt die Versuche: 1, 6, 14 und 18

2.) wegen niedriger Außentemperaturen: Nr. 4 und 16

Tabelle 12:

Einäscherung der Gesichtsweichteile nach Mundöffnung, Temperatur und Zeit

Mund-öffnung	n	Temperatur innen Ti (° C)	Temperatur außen Ta (° C)	Zeit bis zur Einäscherung (Min.)
geschlossen	18	9 - 94 = 83	418 - 87o = 452	14
offen	6	28 - 152 = 124	4o4 - 947 = 543	9

Der Temperaturanstieg in der Mundhöhle beträgt bei geschlossenem Mund Ti = 94° C, bei offenem Mund Ti = 152° C. Bei geschlossenem Mund kann nur die Wärmeleitung zur Temperaturerhöhung herangezogen werden.

In unserem Fall dient das Gewebswasser als Medium für die Wärmeleitung durch die Gesichtsweichteile. Wasser kann nur bis 1oo° C erhitzt werden, ehe es verdunstet. Die Wangenschleimhaut kann also höchstens eine Temperatur von 1oo° C erreichen, ehe sie vollständig verkohlt ist. Wenn man die 4° C - 6° C, die die Leichen haben, ehe sie in die Muffelkammer eingeschoben werden, zu den 94° C addiert, erhält man genau 1oo° C.

Bei geöffnetem Mund kommen zur Wärmeleitung zusätzlich noch Wärmeströmung und -strahlung hinzu. Hier wurden Werte bis zu Ti ≐ 25o° C gemessen. Allerdings handelte es sich bei Versuch 12 um eine Unterkieferresektion mit fehlender Unterlippe, wodurch der Mund extrem weit geöffnet war. Eine solche Mundöffnung ist normalerweise nicht zu

erreichen, da die Unterkieferfrontzähne und die Unterlippe dies nicht zulassen. Daher ist der gemittelte Wert von Ti = 152° C für die Höchsttemperatur in der Mundhöhle bei offener Mundspalte realistischer.

Bei mehreren Versuchen mit geschlossenem Mund wurden Innentemperaturen von über 1oo° C gemessen. Da Wasser nur eine Temperatur von 1oo° C erreichen kann, scheinen diese Werte durch einen Meßfehler zustande gekommen zu sein.

Die Thermosonden und der Schreiber ergaben eine Messung der Temperatur mit einer Toleranz von ± 8° C.

Die Lippen können während des Verbrennungsvorganges auseinanderweichen, so daß zum Ende des Versuches die Mundspalte offensteht, während sie zu Anfang geschlossen war.

Bei den meisten Versuchen wurde die vollständige Einäscherung der Gesichtsweichteile nicht direkt beobachtet, sondern anhand des Schreiberprotokolls (plötzlicher Temperaturanstieg innen) abgelesen.

Die Wangen widerstehen dem Feuer länger als die Lippen, so daß zum Ende des Versuches nur noch ein Rest der Gesichtsweichteile in Form von Fleischkohle den Meßpunkt Ti bedeckt. Zu diesem Zeitpunkt kann man nicht mehr von "Mund offen" oder "geschlossen" sprechen, da die Gesichtsweichteile teilweise verbrannt sind und das Gebiß ungeschützt ist.

Treten bei den gemessenen Temperaturen Schäden am Gebiß auf ?
Bei 15o° C kommt es nicht zur Kalzination der Zähne, es sei denn, die Hitze würde tagelang einwirken. Genaue

Zeitangaben über den thermischen Zerstörungsgrad an Zähnen sind in den Arbeiten von ENDRIS und BERRSCHE zu finden.

Die Kalzination von Zähnen bei Brandleichen ist äußerst selten. Bei noch vorhandenen Gesichtsweichteilen betrifft die Kalzination höchstens die Frontzähne und von diesen die oberen, da sie durch die Lippe schlechter geschützt sind als die unteren Frontzähne.

Die Zunge kann einen hervorragenden Schutz darstellen. Sie legt sich von oral gegen die Zahnreihen. Einen besonders großen Schutz bietet die Zunge, wenn sie herausgestreckt wird. In einem selbst beobachteten Fall war ein 64-jähriger Mann bei einem Wohnungsbrand in einem Fachwerkhaus ums Leben gekommen. Der Mann hatte, indem er aus einem Sessel auf den Fußboden fiel, mit den Zähnen fest auf die herausgestreckte Zunge gebissen. Die Schneidkanten hatten sich tief in die Zunge eingegraben, und die Lippen bedeckten die Zähne von vestibulär und schlossen sich um die herausragende Zungenspitze. Obwohl die Feuerwehr den Brand erst nach drei Stunden unter Kontrolle hatte, die Verbrennungshitze also lange auf Wanger und Lippen eingewirkt hatte, waren diese zwar verkohlt, aber noch erhalten.

Das Bemerkenswerteste war, daß die obere Totalprothese unversehrt war.

6. TEMPERATURDIFFERENZEN INNERHALB UND AUSSERHALB DER MUNDHÖHLE

Im folgenden werden die Temperaturen aller Versuche in 5-Minuten-Intervallen notiert. Man kann in der folgenden Tabelle (Tab. 13) den Temperaturanstieg in der Mundhöhle bei der jeweils vorherrschenden Außentemperatur - sprich Muffelkammer - nachvollziehen.

Dabei kann man die Individualität eines jeden Verbrennungsvorganges erkennen, deren Ursachen anfangs beschrieben wurden (Muffeltemperatur, Zuluft, Abluft usw.).

Manche Versuche zeigen ein abnormes Temperaturverhalten. Die Gründe für einen verfrühten oder verspäteten Temperaturanstieg sollen ausfindig gemacht und erklärt werden.

Tabelle 13:

Temperaturanstieg innerhalb - außerhalb der Mundhöhle (° C)

Versuch	5 Min. Ta - Ti (° C)	1o Min. Ta - Ti (° C)	15 Min. Ta - Ti (° C)	2o Min. Ta - Ti (° C)	25 Min. Ta - Ti (° C)	3o Min. Ta - Ti (° C)	35 Min. Ta - Ti (° C)	4o Min. Ta - Ti (° C)	45 Min. Ta - Ti (° C)	5o Min. Ta - Ti (° C)
1	98 -	19o -	69o -							
2	38 -	134 -	366 -	485 - 25	86o - 5o	86o - 6o	84o - 86			
3	1o -	5o -	362 -	45o - 12	648 - 42	865 - 98				
4	27o -	91o - 2o	84o - 86	77o - 97	8oo - 1o2					
5	86 -	69o -	96o -	83o -	68o -	72o -	61o - 1o	65o - 4o		
6	15 -	148 - 26								
7	76 -	39o -	632 - 42	85o - 54	65o - 62					
8	214 -	86o -	44o - 8	44o - 2o	44o - 32	44o - 62	35o - 8o	32o - 85		
9	22 -	342 -	8oo -	8oo -	84o -	94o - 1o	83o - 14	81o - 3o	79o - 62	72o - 98
1o	32 -	184 - 1o	61o - 44	93o - 79	87o - 11o					
11	86 -	57o -	65o - 12	77o - 11o						
12	75 - 22	126 - 6o	532 - 6o	65o - 25o						
13	48 - 6	134 - 13	84o - 25	83o - 75						
14	86 -	72o - 6	84o - 8							
15	56 -	214 -	78o - 45	96o - 115	95o - 146					
16	98 -	27o -	72o - 62	79o - 98						
17	12 -	66 -	226 -	415 -	75o - 85					
18	7o -	26o - 6	76o - 4o							
19	184 -	566 - 22	95o - 124							
2o	122 -	45o - 25	95o - 148							
21	86 - 25	41o - 42	96o - 95							
22	122 - 25	78o - 92	96o - 112							
23	11o - 5	368 - 26	96o - 1o6							
24	12 -	38 - 6	92o - 38	48o - 42						
25	98 -	745 - 26	95o - 11o							
26	84 - 12	64o - 34	94o - 62	92o - 122	96o - 152					
27	11o -	296 -	48o - 4	84o - 15	82o - 86					
28	122 - 8	45o - 1o	91o - 99							
29	74 - 12	84o - 2o	92o - 62							
3o	95 - 5	62o - 7	72o - 8	72o - 1o	68o - 21	71o - 36	65o - 62			

Einige kritische Bemerkungen zu Versuchen, die durch ihr Temperaturverhalten auffielen:

Versuch 4:
Die Außentemperatur steigt rasch an, die Temperatur im Sarg beträgt bereits nach 5 Minuten Ta = 27o° C. Diese Temperatur wird bei den meisten Versuchen erst nach ca. 1o Minuten erreicht.

Die Gründe für die schnellere Verbrennung des Sarges, denn dies ist die Ursache für den verfrühten Temperaturanstieg Ta, sind im Holzmaterial des Sarges und in der Intensität des Feuers zu suchen.

Die Zeit bis zur Einäscherung der Gesichtsweichteile ist gegenüber den Versuchen 2 + 3 um 1o bzw. 5 Minuten verkürzt. Der absolute Temperaturanstieg in der Mundhöhle ist zwar der gleiche, aber er ist zeitlich verschoben.

Versuch 5:
Hierbei handelt es sich nachmittags um die letzte Einäscherung dieses Tages. Bis zur 15. Minute steigt die Außentemperatur an, um dann kontinuierlich abzusinken.

Bei der letzten Einäscherung wird der Brenner des Ofens vorzeitig abgeschaltet, ehe die Leiche vollständig verbrannt ist. Die aufgeheizten Ofenwände strahlen zwar noch Wärme in den Brennraum, aber langsam sinkt die Temperatur in der Muffelkammer ab.

Dieses Temperaturverhalten ist auch an einer offenen Brandstelle zu beobachten. Zu Beginn steigt die Temperatur steil an, erreicht ihr Maximum, und fällt dann langsam ab. Bei einem offenen Feuer liegt das Maximum

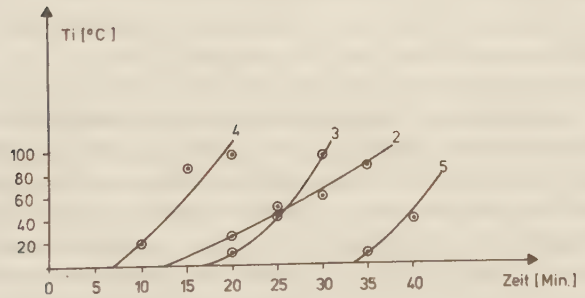
jedoch nicht bei 900° C wie in Versuch 5, sondern bei 600° C oder tiefer, daher ist die Zeit bis zur Einäscherung der Gesichtsweichteile länger bzw. der Temperaturanstieg in der Mundhöhle verzögert.

Wenn man bei den ersten 5 Versuchen den Temperaturanstieg in der Mundhöhle in einem Diagramm skizziert, kann man feststellen, daß es sich im Prinzip bei allen Versuchen um gleiche Kurven handelt, deren Startpunkt auf der Abszisse jedoch verschieden ist. Dies kommt durch den unterschiedlichen Zeitpunkt des Sargeinbruches zustande.

Bei Versuch 1 rutschte die Sonde Ti vorzeitig aus dem Mund. Bis zu diesem Zeitpunkt war die Temperatur in der Mundhöhle nicht angestiegen.

Abb.1

Temperaturverlauf im Mundinneren Versuch 2.3.4.5



Die Kurven sind einander ähnlich, Kurve 3 + 4 zeigen einen steilen Verlauf, d.h. die Weichteile widerstehen den Flammen nicht besonders lange. Kurve 2 + 5 zeigen einen flacheren Verlauf, bei ihnen dauert es länger bis zur Einäscherung der Gesichtsweichteile.

Versuch 8:
Fast der gesamte Versuch wird bei Außentemperaturen unter 44o° C gefahren, weil der Kopf unter die Brücke in einen Bereich niedriger Temperaturen fällt. Die Temperatur im Mundinneren steigt auf Ti = 85° C an. Nach der 5o. Minute sind die Gesichtsweichteile verbrannt.

Der Temperaturanstieg in der Mundhöhle gleicht demjenigen von Versuch 2.
Während bei diesem in den letzten 15 Minuten Ta = 86o° C herrschten, lag die Temperatur bei Versuch 8 unter Ta = 44o° C, trotzdem ergab die Temperaturmessung innen die gleichen Werte. Ein Zeichen dafür, daß für die Wärmeleitung durch die Gesichtsweichteile die Höhe der Temperatur weniger ausschlaggebend ist als die Zeit.
Die Zeit, die eine Brandleiche im Feuer lag, ist also für die Temperatur in der Mundhöhle maßgebender als die Flammentemperatur.

Versuch 9:
Hierbei handelt es sich um einen Sarg aus Eiche. Ein Hartholzsarg benötigt etwa die doppelte Zeit, bis er einbricht, wie ein Weichholzsarg: etwa 2o Minuten gegenüber 1o Minuten. Um die Temperaturdifferenzen mit den anderen Versuchen vergleichen zu können, haben wir die ersten 4 Meßwerte zu 2 Meßwerten zusammengezogen (5. und 1o. Minute = 5. Minute, 15. und 2o. Minute = 1o. Minute). Der Temperaturanstieg im Sarg wurde dadurch den anderen Versuchen angeglichen, der Einbruch des Sarges und der damit verbundene Temperatursprung liegt somit bei 1o Minuten. Ab dem Zeitpunkt des Sargeinbruches gehen die Meßwerte von Versuch 9 unverändert in Tabelle 13 ein.

Bei diesem Versuch, es handelt sich um eine adipöse Leiche mit eigenen Zähnen, steigt die Temperatur innen erst mit der 3o. Minute auf Ti = 1o° C an. Nachdem 15 Minuten lang eine Außentemperatur von 8oo° C geherrscht hat, steigt die Temperatur in der Mundhöhle nur auf Ti = 1o° C an. Nach der 25. Minute beträgt Ti = 3o° C und nach 35 Minuten Flammentemperatur Ta = 8oo° C beträgt Ti = 98° C (Maximum innen).

Dies mag verdeutlichen, wie lange die Gesichtsweichteile selbst höchsten Temperaturen standhalten, ehe sie zerstört sind und daß die Wärmeisolation auch bei hohen Flammentemperaturen bestehen bleibt.

Versuch 12:
Bei total geöffnetem Mund (Unterkiefer-Resektion mit fehlender Unterlippe, fehlendem Alveolarfortsatz und fehlenden unteren Frontzähnen) steigt die Temperatur im Mundinneren bei einem Temperaturmaximum außen von Ta = 94o° C auf Ti = 25o° C. Der Meßpunkt liegt dabei im vorderen Bereich der Mundhöhle Regio 14).

Die Temperaturdifferenz von Ta - Ti = 94o° C - 25o° C = 69o° C zeigt, daß das Gebiß durch die umgebenden Weichteile sehr gut vor Hitze geschützt ist. Die extrem weite Mundöffnung ermöglicht eine größere Wärmemengenzufuhr über die Wärmeströmung und Wärmestrahlung. Die Temperaturmessungen zeigen jedoch, daß die Strömungsverhältnisse der Mundhöhle trotz weiter Öffnung sehr schlecht sind, denn die Innentemperatur liegt nur um etwa 1oo° C höher als bei anderen Versuchen mit offenem Mund (15, 2o, 22, 26, 28), wobei ein Teil der Temperaturerhöhung auch der erhöhten Wärmestrahlung zuzuschreiben ist. Die Wärmeströmung kann durch das Medium Luft keine großen Wärmemengen übertragen.

Die Versuche 1 - 12 wurden in einem Ofen ohne Rekuperator durchgeführt. Die Hitze des Feuers war nicht so intensiv wie bei den folgenden Versuchen 13 bis 3o, die in einem Ofen mit Rekuperator gemessen wurden. Daher ist die Versuchslänge bei den folgenden Versuchen etwas kürzer, es wird weniger Zeit bis zur Einäscherung der Gesichtsweichteile benötigt.

Versuch 17:
Die Außentemperatur steigt sehr langsam an und erreicht nur Ta = 75o° C. Die Innentemperatur zeigt während des gesamten Versuches keinen Anstieg (gemeint sind die ersten 2o Minuten), sondern steigt erst in den letzten 5 Minuten auf Ti = 85° C an.

Dieser plötzliche Temperaturanstieg in der Mundhöhle nach relativ niedrigen Flammentemperaturen (Ta = 226° C - 415° C) ist so zu erklären, daß die Austrocknung der Gesichtsweichteile bei Temperaturen von 4oo° C ähnlich schnell zur trockenen Destillation führt wie bei 8oo° C.

Versuch 24:
Bei diesem Versuch kippt der Kopf der Leiche in der 18. Minute nach unten und kommt unter der Brücke in einen Bereich niedrigerer Temperaturen. Trotzdem sind die Gesichtsweichteile in etwa der gleichen Zeit eingeäschert wie bei anderen Versuchen, bei denen die Verbrennungstemperatur höher lag.
Dieses Phänomen, daß die Höhe der Temperatur bei der trockenen Destillation weniger entscheidend ist als die Zeit, wurde auch bei Versuch 8 u.a. beobachtet.

Versuch 3o:
Die Außentemperaturen liegen über die gesamte Länge des Versuches zwischen 62o° C - 72o° C, also ca. 2oo° C niedriger als bei den meisten anderen Versuchen.

Bemerkenswert ist, daß die Innentemperatur anfangs sehr langsam steigt: 5° C - 7° C - 8° C - 1o° C - 21° C und erst zum Schluß etwas steiler ansteigt: 21° C - 36° C - 62° C.

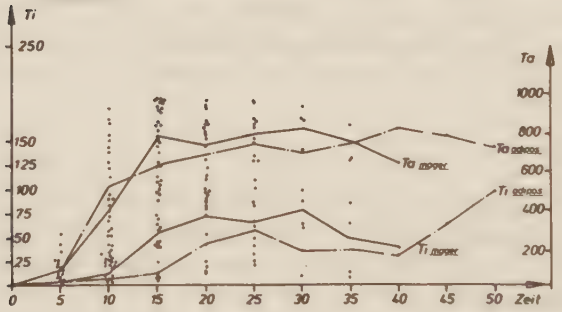
Bei diesem Versuch war der Mund bis zur 35. Minute geschlossen und daher die Wärmeübertragung nur via Wärmeleitung möglich.

Das Alter der Leiche war 29 Jahre, der Ernährungszustand adipös; beides deutet auf einen erhöhten Flüssigkeitsgehalt der Haut und Gesichtsweichteile hin, der sich in einer längeren Einäscherungszeit und einem verzögerten Temperaturanstieg in der Mundhöhle niederschlägt. Bis zum Stadium der trockenen Destillation wurde mehr Zeit benötigt als bei den meisten anderen Versuchen.

Aus der Abbildung Nr. 2 sind alle außerhalb des Körpers und in der Mundhöhle gemessenen Temperaturen in Abhängigkeit von der Einwirkungsdauer und aufgeteilt nach mageren und adipösen Individuen ersichtlich. Auf der linken Ordinate sind die Temperaturen in der Mundhöhle und auf der rechten die Außentemperaturen angegeben. Die Punkte, die den jeweils gemessenen Temperaturen entsprechen, zeigen deutlich die starke Streuung der Werte, aus denen die Mittelwertkurven errechnet wurden.

Abb. 2

Zeitabhängigkeit der Außen u. Innentemperatur adiposer u. magerer Individuen



Wegen der starken Streuung der Werte bei relativ geringer Versuchszahl sind naturgemäß sichere Aussagen nicht möglich.

Abb.3

Zeitabhängigkeit der Außen u. Innentemperatur magerer Individuen

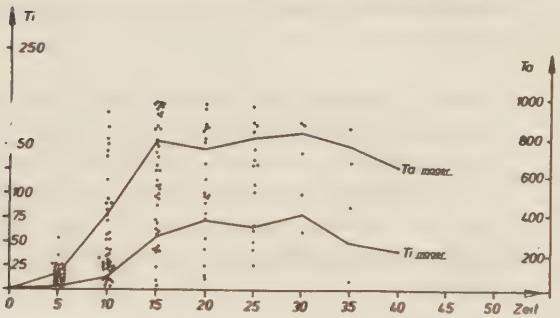
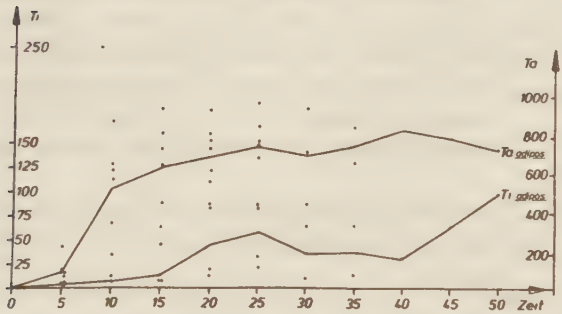


Abb 4

Zeitabhängigkeit der Außen u. Innentemperatur adipöser Individuen



Auf der linken Ordinate sind die Temperaturen in der Mundhöhle und auf der rechten die Außentemperaturen angegeben. Auf der Abszisse ist die Verbrennungszeit aufgetragen.

Es kann jedoch allgemein folgendes festgestellt werden:

1.) Im wesentlichen verläuft bei mageren und adipösen Individuen der Temperaturanstieg in der Mundhöhle parallel dem Anstieg der Außentemperatur.

2.) Die bei mageren und adipösen Individuen gemessenen Temperaturen überschreiten nur in Ausnahmefällen, bei denen besondere Verhältnisse bezüglich der Öffnung der Mundhöhle oder der Beobachtungsmöglichkeit des Verbrennungsvorganges vorlagen, die Grenze von Ti = 1oo° C.

3.) Die im Mundinneren gemessenen Temperaturen liegen i.M. bei adipösen niedriger als bei mageren Individuen.

4.) Obwohl die zwischen der 15. und der 4o. Minute bei mageren Personen gemessenen Außentemperaturen im Durchschnitt etwas höher liegen als bei adipösen, weist die Temperaturdifferenz darauf hin, daß höhere Außentemperaturen nicht allein ursächlich für die höheren Temperaturen im Mundinneren bei mageren Individuen sind.

5.) Der Temperaturanstieg in der Mundhöhle erfolgt bei adipösen Menschen langsamer als bei mageren.

Bei Außentemperaturen über 6oo° C während eines Zeitraumes bis zu 4o Minuten stieg die Temperatur in der Mundhöhle im Durchschnitt auf ca. 9o° C und erreichte einen Höchstwert von Ti = 152° C, wenn man den Versuch 12 (UK-Resektion, Ti = 25o°) unberücksichtigt läßt.

Bei Außentemperaturen bis 6oo° C, die bis zu 4o Minuten einwirkten, kam es bei 3o Versuchen nur zweimal zu einem Temperaturanstieg von über 13o° C; diese Temperatur wurde bei mittlerem EZ in 15 Minuten und bei adipösen Individuen in 25 Minuten erreicht.

Die Wärmeisolation bzw. der Wärmeschutz der Mundhöhle durch Wangen und Lippen kann dadurch verdeutlicht werden, daß man die Temperatur in der Mundhöhle (Ti) zur Außentemperatur (Ta) in Beziehung setzt.

Die folgenden Abbildungen 5 und 6 zeigen die Temperaturdifferenzen zwischen Ta und Ti bei adipösen und mageren Individuen. Die Fläche zwischen beiden Kurven charakterisiert den Wärmeschutz durch die Mundweichteile.

Abb 5

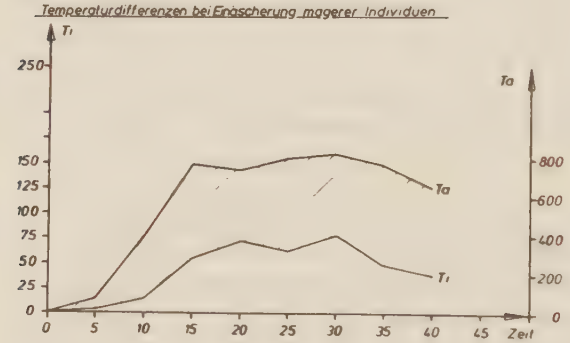
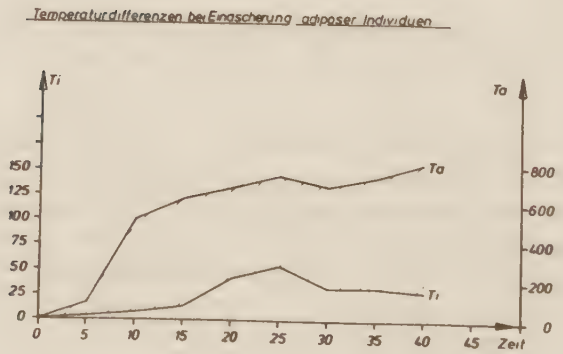


Abb 6



Auf der linken Ordinate wurden die Innen- und rechts die Außentemperaturen aufgezeichnet; auf der Abszisse sind die Verbrennungszeiten abzulesen.

Die Flächen sind bei Adipösen und Mageren annähernd gleich groß. Bezüglich der Wärmeisolation oder des Temperaturanstieges in der Mundhöhle ist hieraus folgendes zu schließen:

Zwischen mageren und adipösen Leichen ist kaum ein Unterschied festzustellen. Bei Außentemperaturen bis zu 85o° C bleibt der Temperaturanstieg in der Mundhöhle in der Regel unter 1oo° C; die Temperatur steigt bei adipösen Individuen allerdings später an als bei mageren (Differenz ca. 5 Minuten).
Die Kurve Ti liegt bei Adipösen insgesamt niedriger als bei Mageren; dies gilt allerdings auch für die Kurven Ta, wobei die Kurve Ta (adipös) unter der Kurve Ta (mager) liegt.

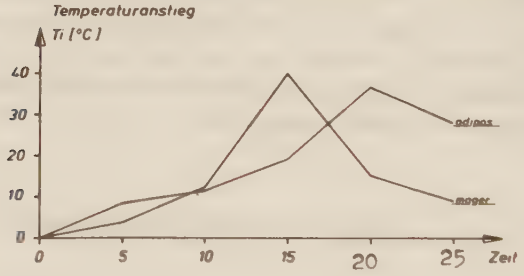
Die Ursache für diese Beobachtungen kann allerdings außer im Ernährungszustand in Unterschieden bezüglich des Sargmaterials (Weichholz- und Hartholzsärge) oder in den generell bei Adipösen etwas niedrigeren Außentemperaturen des Verbrennungsraumes zu suchen sein.

Die Abbildung 7 gibt den in 5-Minuten-Intervallen gemessenen Temperaturanstieg in der Mundhöhle für magere und adipöse Individuen wieder.

Es werden die Beträge des Temperaturanstieges pro 5-Minuten-Intervall aufgetragen, diese addiert bilden den absoluten Temperaturanstieg in der Mundhöhle.

Abb.7

Anstieg der Innentemperaturen bei Einäscherung in 5 Min Intervallen und in Abhängigkeit von E.Z.



Auf der Ordinate links ist der durchschnittliche Anstieg der Temperatur im Mundinneren aufgetragen. Die Abszisse gibt die jeweiligen Zeitabstände an.

Die Außentemperaturen ergeben sich aus Darstellung 2 und liegen zwischen 1oo° C im ersten und 7oo° C im letzten Intervall.

Es bedarf keiner weiteren Erörterung, daß dann, wenn die Höchsttemperaturen erreicht wurden (1oo° C), keine Unterschiede zwischen mageren und adipösen Personen zu erwarten waren.

Die bessere Wärmeisolierung bei adipösen Personen drückt sich offenbar in dem langsamen Anstieg der Temperaturen aus (Höchstwerte im 4. Intervall), wobei auffällig ist, daß der Temperaturanstieg bei mageren Personen zwischen der 15. und 2o. Minute geringer und bei adipösen Personen höher wird. Dieser verspätete Temperaturanstieg bei Adipösen ist offenbar auf die schlechtere Wärmeleitung infolge des stärkeren subcutanen Fettgewebes zurückzuführen. Der geringere Anstieg der Temperatur bei Mageren in der 15. bis 2o. Minute ist dadurch zu erklären, daß hier schon fast die Höchsttemperatur (1oo° C) erreicht ist.

Der Wärmeschutz des Gebisses durch die umgebenden Mundweichteile kann bei Adipösen und Mageren als gleichwertig angesehen werden, weil die Temperatur bei geschlossenem Mund nur auf höchstens 1oo° C ansteigen kann.

VIII. DISKUSSION

Bei der Diskussion der Ergebnisse der durchgeführten Verbrennungsversuche scheint es zunächst wesentlich, allgemein darauf hinzuweisen, daß für den Umfang der Zerstörung der Brandleichen - insbesondere auch die Beschädigungen des Gebisses - sowohl die Dauer der Temperatureinwirkung als auch die Höhe der jeweils erreichten Temperaturen von Bedeutung sind (GEBHARDT, GUSTAFSON).

Die schwärzliche Verfärbung und lederartige Verhärtung der tieferen Gewebsschichten infolge der Brandeinwirkung sind auf Koagulation und Flüssigkeitsverlust zurückzuführen; dieser beträgt bei der Haut 54 % und beim Unterhautfettgewebe 83 % (GUBELT).

Bei 3o Einäscherungen beobachteten wir bezüglich Temperatur und Zeit folgendes:

1) Die Temperatur der Muffelkammer während der Verbrennungszeit lag bei 6oo° - 95o° C.

2) Der Temperaturanstieg im Mundinneren betrug maximal 1oo° (geschlossener Mund) bzw. maximal 15o° (offener Mund).

3) Die Weichteile des Gesichtes waren durchschnittlich nach 15 Minuten durch Brand zerstört.

Wegen der unerwartet niedrigen Temperatur im Mundinneren bei Temperaturdifferenzen von 6oo° - 8oo° C zur Außentemperatur ergaben sich folgende Fragen:

1) Wie ist die hohe Wärmeisolation in der Mundhöhle zu erklären ?

2) Falls die Isolation durch die Gesichtsweichteile erfolgt, was im höchsten Grade wahrscheinlich ist,

warum sind die Weichteile so hervorragende Wärmepuffer ?

Bei der Klärung dieser Fragen scheint es sinnvoll, die auftretenden Probleme zunächst grundsätzlich zu erörtern:

Bei der Betrachtung jedes Verbrennungsvorganges steht die jeweils auftretende Wärmemenge im Mittelpunkt. Es gibt drei Arten der Wärmeübertragung.

1) Die Wärmestrahlung, die ähnlich der Lichtstrahlung ohne irgendeinen Stoff die Übermittlung übernimmt.

2) Die Wärmeleitung oder Konduktion, bei der die Wärmemenge von Molekül zu Molekül übertragen wird.

3) Die Wärmeströmung oder Konvektion, bei der eine Stoffmenge mit ihrem Wärmeinhalt in eine andere strömt.

ad 1: Die Wärmestrahlung

Die Wärmestrahlen werden von der Flamme selbst oder von einem Körper infolge seines Temperaturzustandes als elektronenmagnetische Wellen ausgesandt. Wenn die Wärmestrahlen auf die Haut treffen, können sie diese nicht durchdringen, sondern werden absorbiert. Die Weichteile schützen die Mundhöhle absolut sicher vor einer Wärmestrahlung. Lediglich die incisalen Drittel der oberen Frontzähne können bei geöffnetem Mund von der Strahlung getroffen werden, wenn sie von der Oberlippe entblößt sind. Die unteren Frontzähne werden von der Unterlippe bedeckt. Die Reflexion der in die Mundhöhle eingedrungenen Strahlung kann vernachlässigt werden. Nur die direkte Strahlung kann die Zähne schädigen.

ad 2: Die Wärmeleitung

Die Strahlen, die auf Wange und Lippe treffen, geben ihre Wärme an diese ab und führen zur Verdunstung des Gewebs-

wassers (subepidermale Blasenbildung). Bei vollständiger Verdunstung des Gewebswassers spricht man auch von "trockener Destillation".

Wasser besitzt nach Wasserstoff und Helium die größte spezifische Wärme, d.h. um eine bestimmte Wassermenge zu erwärmen, braucht man eine größere Wärmemenge als zur gleichen Temperaturerhöhung irgend eines anderen Stoffes. Daher dauert es sehr lange, bis auch die tieferen Gewebsschichten erwärmt sind, die Wärmeleitung ist denkbar schlecht.

Während des Verbrennungsvorganges ändert sich die Wärmeleitung, da die äußeren verkohlten Gewebsschichten einen Isolationseffekt bewirken, der die Wärmeleitung herabsetzt.

Als Modell denke man sich mehrere Wassertöpfchen hintereinandergereiht, die die einzelnen Gewebsschichten repräsentieren, von Cutis über Subcutis, Fettgewebe, Muskelgewebe, Submucosa zur Mundschleimhaut. Mit Verdunstung der äußeren Wassertöpfchen schreitet der Verbrennungsprozeß in die Tiefe fort. Die äußeren Gewebsschichten, deren Wasser verdunstet ist, sind im Zustand der trockenen Destillation oder Fleischkohle; sie isolieren die tieferen Schichten, deren Gewebswasser noch nicht verdunstet ist und setzen dadurch die Wärmeleitung herab. Die Wärmeleitung nimmt also, während der Verbrennungsprozeß in die Tiefe fortschreitet, ab.

Bei seiner Verdunstung erreicht Wasser eine Temperatur von 1oo° C. Zum Zeitpunkt der totalen Austrocknung der Weichteile beträgt die Temperatur an der Mundschleimhaut demnach 1oo° C. Sind die Zähne von den umgebenden Weichteilen noch bedeckt, können sie höchstens einer Temperatur von 1oo° C ausgesetzt werden.

Vestibulär liegen Lippe und Wange den Zähnen immer bündig an. So bestimmt diese Anatomie z.B. die Randgestaltung der Vollprothese, die durch einen ventilartigen Funktionsrand im Vestibulum eine Saugwirkung erhält. Eine Ausnahme bilden wie oben erwähnt bei geöffnetem Mund die Zähne der oberen Front. Oral werden die Zähne durch die Zunge geschützt. Der Zungenäquator befindet sich in Höhe der Kauebene, die Oralflächen der Praemolaren und Molaren sind daher durch das Anliegen der Zunge geschützt. Die Oralflächen der Frontzähne werden meist von der Zunge bedeckt. Sinkt die Zunge jedoch nach dorsal zurück, z.B. bei überstrecktem Kopf, so entfällt der Weichteilschutz. In diesem Zusammenhang spielt natürlich auch die Größe der Zunge und der Kiefer eine Rolle.

ad 3: Die Wärmeströmung

Bei geöffnetem Mund, geschrumpften Lippen oder nicht anliegender Zunge kann die Wärme durch Wärmeströmung an die Zähne abgegeben werden. Die Wärmeströmung ist abhängig von der bewegten Stoffmenge, dem Medium, dem Temperaturunterschied und der Strömungsgeschwindigkeit. Das Medium Luft kann wegen seiner geringen Molekulardichte nur wenig Wärmemenge übertragen. Die Strömungsverhältnisse an der Mundöffnung und in der Mundhöhle sind so ungünstig, daß sie keine großen Stoffmengen durchströmen können. Normalerweise beträgt der Abstand der Zahnreihen in Ruheschwebelage (entspannte Muskulatur) 2 mm. Bei offenem Mund sind die Kauflächen der Praemolaren und Molaren ungeschützt, da die Zähne normalerweise außer Kontakt stehen (Ruheschwebelage). Da die oberen Frontzähne die unteren etwas überragen, stellen sie für die einströmende Luft eine Barriere dar. Die Mundhöhle ist hinten verschlossen, so daß durch Wirbelbildung der Luftstrom abgebremst wird. Kommt es in seltenen Fällen zur Steigerung der Temperatur im Mundinneren auf über 100° C, so kann dies auf Wärmeströmung zurückgeführt werden.

An der Mundschleimhaut kommt es durch das Gewebswasser zu einer Wasserdampfbildung. Bei atmosphärischem Druck kann Wasserdampf nur eine Temperatur von 1oo° C erreichen. Das Gebiß wird durch Wasserdampfbildung der Mundweichteile gewissermaßen vor höheren Temperaturen geschützt.

Ist durch Zerstörung der oberen Frontzähne die Mundöffnung größer geworden, so steigt die Temperatur in der Mundhöhle, da sich die Strömungsverhältnisse gebessert haben.

Als Beispiel sei Versuch 12 erwähnt. Hier handelte es sich um eine Leiche, deren Unterkiefer in der Front reseziert war. Es war auch keine Unterkieferprothese vorhanden. Die Unterlippe war verstümmelt und der Mund weit geöffnet (ca. 3o mm). Die Temperatur stieg trotz dieser weiten Mundöffnung nur auf Ti = 25o° C an.

Bei mehreren Fällen, bei denen der Mund offenstand (Versuche 4, 15, 2o und 25), stieg die Temperatur in der Mundhöhle nur bis auf Ti = 15o° C an. Ein möglicher Temperaturanstieg auf 15o° C ist wahrscheinlicher als auf 25o° C. Bei Versuch 12 handelt es sich insofern um eine Ausnahme, als der Weichteilschutz der Unterlippe fehlte und zusätzlich - bedingt durch den Kieferkammdefekt - das Einströmen der Wärme nicht behindert wurde.

Die Beantwortung der Frage, wie lange die Weichteile dem Feuer widerstehen können, bis sie restlos verbrannt sind, ist von erheblicher Bedeutung. Die Weichteile bieten den Zähnen bis über das Stadium der Verkohlung hinaus Schutz vor den Flammen. Die Temperatur steigt nicht über 1oo° C an, bis das Gewebe verkohlt ist. Erst am Ende des Verbrennungsvorganges verbrennt die Fleischkohle aktiv. Hierdurch erscheint ein Anstieg der Temperatur auf ca. 5oo° C möglich.

Nach der vorliegenden Literatur soll der Mund - verursacht durch Verbrennungserscheinungen - immer geöffnet sein (GÜNTHER). Diese Beobachtung konnte durch unsere Untersuchungen nicht bestätigt werden.

Die Verbrennung der Weichteile wird durch eine intra- und subepidermale Blasenbildung eingeleitet. Mit der Blasendegeneration geht die Eintrocknung der Epidermis einher. Die Austrocknung führt zu solcher Brüchigkeit, daß die Epidermis bis in das Corium oder in das noch tiefere Subcutangewebe einreißt (GUBELT). Bei hohem Flüssigkeitsgehalt der Gewebe bzw. dicker subcutaner Fettschicht kommt es zu sehr starker Blasenbildung und dicht beieinanderliegenden Einrissen. Die Lippen weichen nicht auseinander, sondern bedecken die Frontzähne als eine brodelnde Masse.

Eine erhöhte Wärmeströmung kann daher nur in Ausnahmefällen zu Temperaturerhöhungen in der Mundhöhle führen.

Unsere Beobachtungen bei Versuch 3o zeigen beispielhaft, daß es durch den Verbrennungsvorgang nicht zur Öffnung der Mundhöhle kommt. Bei diesem Versuch handelte es sich um ein Individuum mit auffällig dicken Lippen. Ober- und Unterlippe buken während der Verbrennung zu einer einzigen Masse zusammen und bedeckten die Zähne lückenlos.

Der hohe Flüssigkeitsgehalt des Fettgewebes sorgt für eine starke Blasenbildung. Die Blasen zerplatzen schnell, so daß es den Anschein hat, als würde man Wasser auf siedendes Oel gießen.

Die Zähne 12 + 11 standen lückig. Der Meßpunkt der Sonde Ti befand sich im incisalen Drittel interdental 12, 11. Bis zur 35. Minute stieg die Temperatur sehr langsam an (Ti = 62° C). Kurz darauf waren die Lippen verbrannt.

Eine Öffnung der Mundhöhle wurde bis zur vollständigen Verbrennung der Lippen nicht beobachtet.

Die Zeit, die bis zur vollständigen Verkohlung der Weichteile (trockene Destillation oder Zustand der Fleischkohle) verstreicht, ist vom Saftreichtum der Gewebe und von der zugeführten Wärmemenge abhängig. Bei alten und mageren Individuen ist das Gewebe relativ saftarm. Der Weichteilschutz der Zähne ist daher geringer als bei jüngeren Individuen und fettreicheren Geweben.

Als Beispiel seien hier die Versuche 22 und 28 angeführt. Hier handelte es sich um sehr magere Individuen, bei denen unter einer Außentemperatur von 4oo° C - 9oo° C Wangen und Lippen bereits nach 5 Minuten völlig verbrannt waren.

Die Flammentemperatur in der Muffelkammer eines Krematoriumofens ist besonders hoch. Daher muß davon ausgegangen werden, daß die Verbrennungserscheinungen weit schneller und stärker zu beobachten sind als bei offenem Feuer. Die Dauer des Verbrennungsvorganges ist kürzer als bei üblichen Brandunfällen.

Theoretisch müßten die vorliegenden Versuche insofern auf Branderscheinungen bei gewöhnlichen Bränden übertragbar sein, als sich bei längerer Branddauer und niedrigeren Temperaturen die jeweils zu beobachtenden Brandveränderungen ähnlich entwickeln müßten wie bei kurzfristigen Einwirkungen sehr hoher Temperaturen, weil der Umfang brandbedingter Zerstörungen von der insgesamt zugeführten Wärmemenge abhängig ist. Nach dieser Überlegung müßten die bei Außentemperaturen von 8oo° C bis 9oo° C mit einer Einwirkungszeit von ca. 15 Minuten zu beobachtenden Veränderungen etwa denjenigen bei 3oo° C bis 5oo° C (offene Brandstellen) von ca. 2 Stunden vergleichbar sein.

Die zugeführte Wärmemenge Q, die eine Energiegröße darstellt, ist errechenbar. Die Zeit, in der die jeweilige Wärmemenge dem Brandobjekt zugeführt wird, ist abhängig von der Ergiebigkeit der Wärmequelle oder - anders gesagt - von der Intensität des Feuers.

Während jedoch bei der Verbrennung im Brennraum eines Krematoriums der Leiche die fast gesamte Energiemenge zugeführt wird, geht bei offenen Brandstellen (auch Wohnungsbränden) ein großer Teil der Wärme durch Abwind verloren. Die jeweils zugeführte Wärmemenge ist wegen der unterschiedlichen Brandverhältnisse (O_2-Zufuhr, Heizwert des Brandmaterials etc.) nicht zu berechnen.

Am Anfang steigt bei einem offenen Brand die Temperatur in der Regel stark an und erreicht zunächst etwa 4oo° C, um dann auf Temperaturen zwischen 1oo° C und 2oo° C abzufallen. Diese niedrigeren Temperaturen sind Folgen eines O_2-Mangels und der Verdampfung von Wasser. Danach steigt bei erneuter O_2-Zufuhr durch die Öffnung von Fenstern, Türen etc. die Temperatur stark an (flash over) und erreicht örtlich etwa bis 8oo° C. Die hier auftretenden hohen Temperaturen wirken jedoch wegen der unterschiedlichen Lage der Leiche in der Regel nicht auf diese ein, so daß die Ergebnisse unserer Verbrennungsversuche bezüglich Höhe der Temperatur und Einwirkungszeit nicht auf Brandleichen bei den üblicherweise auftretenden Bränden zu übertragen sind.

Bis zur völligen Zerstörung der Gesichtsweichteile durch Brand werden folgende Stadien durchlaufen:

1.) Erwärmung der Gesichtsweichteile auf 1oo° C

2.) Verdampfen des Gewebswassers bis zur trockenen Destillation

3.) Verbrennen der organischen Teile oder aktives Verbrennen der Fleischkohle.

Diese Stadien laufen nicht streng nacheinander, sondern nebeneinander ab.

Während die oberflächlichen Schichten (Cutis und Corium) verbrennen und in den Zustand der Fleischkohle übergehen, werden die tieferen Schichten - z.B. subcutanes Fettgewebe und Muskelgewebe - erst erheblich später erwärmt und die Mundschleimhaut weist zunächst keinerlei Temperaturerhöhung auf.

Bei der Wärmeleitung in die Tiefe ist zu berücksichtigen, daß die oberste verkohlte Schicht gegen das weitere Eindringen der Wärme isoliert, wodurch ein Passivierungseffekt erzielt wird. Dadurch verändert das Gewebe seine Wärmeleitung insofern, als die Wärmeleitung um so schlechter wird, je weiter der Verbrennungsprozeß in die Tiefe fortschreitet.

Eine völlige Zerstörung der Gesichtsweichteile ist bei den üblicherweise zur Untersuchung kommenden Brandleichen selten, hierfür reicht die Energiezufuhr bei "normalen Bränden" nicht aus. Lediglich bei ungewöhnlich lang dauernden Brandkatastrophen oder bei Vorhandensein brandfördernder Substanzen (Brand in Raffinerien, Autounfälle, Flugzeugunfälle etc.) wird das vollständige Verbrennen der Gesichtsweichteile mit teilweiser Kalzinierung der Zähne beobachtet. So können z.B. bei Bränden von flüchtigem Treibstoff und technischen Lösungsmitteln zuweilen Temperaturen und eine Branddauer auftreten, wie sie von uns in Krematorien beobachtet wurden. Bezogen auf das Problem der dentalen Identifizierung bei Brandfällen ist aufgrund der bei uns durchgeführten Untersuchungen folgendes festzustellen:

1.) Die im Mundinneren bei nicht völliger Zerstörung der Gesichtsweichteile festzustellenden Tempera-

turen liegen in einem Bereich, der nicht zu schwerwiegenden Beschädigungen des Gebisses führt.

2.) Die Gesichtsweichteile, die Zunge und die übrigen Weichteile des Mundes schützen die Zähne auch bei hohen Temperaturen wegen der langsamen Austrocknung der Gewebe über längere Zeit.

3.) Durch Wärmestrahlung kann es bei klaffendem Mundspalt zu einer Zerstörung der oberen Frontzähne kommen, wenn hohe Flammentemperaturen vorliegen. Die unteren Frontzähne bleiben im allgemeinen erhalten.

4.) Bei Brandleichen, bei denen die Gesichtsweichteile nicht zerstört sind, kann mit einem voll erhaltenen Gebiß gerechnet werden.

Einige Beobachtungen über die Zeitfolge und die Art der Zerstörung des Gebisses nach Verbrennung der Gesichtsweichteile können vielleicht zur Klärung noch offener Fragen bezüglich der Möglichkeit einer dentalen Identifizierung beitragen.

Einäscherung 9:

Die Kronen der Frontzähne werden zerstört, sie zerspringen nicht in Stücke, sondern zerbröseln zu Asche (Zustand der Kalzination, nach 1o Minuten 8oo° C). Der Eckzahn 13 bleibt in seiner Form erhalten und läßt sich, ohne zu zerbrechen, aus der Alveole heben (dieser Zahn ist höchstwahrscheinlich wurzelgefüllt). Wurzelgefüllte Zähne haben eine hohe Resistenz gegenüber Hitze und verbleiben immer in der Alveole (MORGEN).

Einäscherung 12:
Die Zähne der Front bleiben in ihrer äußeren Form erhalten, sie zerfallen erst bei Berührung zu Asche (Zustand der vollständigen Kalzination). Die Brücke von 13 auf 17 sitzt mit ihren Brückenankern unverändert fest im Oberkiefer. Sie widersteht dem Versuch, sie abzuheben bzw. die Kronenstümpfe abzusprengen. Die Brükkenanker 13 und 17 sind demnach nicht kalziniert. Die Wurzeln der Zähne sind außer durch die Weichteile noch durch den Kieferknochen geschützt (SCHROFF). Die Kronenstümpfe erhalten durch die Kronen und durch die darunterliegende Zementschicht einen Schutz vor der Verbrennungshitze.

Einäscherung 22:
Die Frontzähne werden zerstört, die Kronen werden regelrecht abgesprengt. Es kommt zu der nach GEBHARDT unvermeidlichen Zerstörung bei direkter Flammeneinwirkung. Daß es dazu nicht in jedem Falle kommen muß, wurde schon von BÖHMER festgestellt; auch die Beobachtungen bei den Einäscherungen 12, 23, 25, 26 und 3o bestätigen diese Feststellung.

Einäscherung 23:
Die Zähne sind in ihrer äußeren Form erhalten, zerfallen aber bei Berührung in kleine Fragmente.
Auch dieser Fall zeigt, daß die Zähne bei Flammeneinwirkung nicht unbedingt zerstört werden müssen. GUSTAFSON empfiehlt, diese kalzinierten Zähne mit Kunstharz zu überziehen und dadurch der röntgenologischen und klinischen Untersuchung zu erhalten.

Einäscherung 3o:
Die Zähne bleiben bis zum Schluß unzerstört und befinden sich noch alle in ihren Alveolen. Die von GEBHARDT beschriebene Stichflamme, die bei einwurzeligen Zähnen aus den Alveolen schießt, wurde bei unseren Versuchen nicht beobachtet. Die Wurzeln steckten noch in den Alveolen, allenfalls waren die Kronen zerstört. Es handelt sich demnach um ein rein experimentelles Ergebnis.

IX. Z U S A M M E N F A S S U N G

Nach einleitender Besprechung der in der Literatur diskutierten Probleme bezüglich der Identifikation von Brandleichen, der jeweils zu erwartenden Gewebszerstörung durch Brand und den Möglichkeiten der dentalen Identifizierung werden die Ergebnisse thermoelektrischer Messungen umgebender Flammentemperaturen und der in der Mundhöhle bei 3o Einäscherungen auftretenden Temperaturen im einzelnen dargestellt.

Die Auswertung der durchgeführten Versuche ergab folgendes:

1.) Bei Außentemperaturen von bis zu 8oo° C und Einwirkungszeiten von durchschnittlich 15 Minuten tritt eine Einäscherung der Gesichtsweichteile ein.

2.) Die vorliegenden Versuchsergebnisse sind im wesentlichen auf Brände mit niedrigeren Temperaturen und längeren Einwirkungszeiten übertragbar.

3.) Bis zur Einäscherung der Gesichtsweichteile steigt unabhängig von der Außentemperatur und der Branddauer die Temperatur in der Mundhöhle nur in Ausnahmefällen über 1oo° C.

Ein Anstieg der Mundhöhlentemperatur über 1oo° C kann bei erhaltenen Weichteilen nur durch Wärmeströmung und Wärmestrahlung bei geöffnetem Mund erreicht werden.

4.) Entgegen der bisher in der Literatur vertretenen Meinung (GÜNTHER) kommt es durch Brandeinwirkung nicht zwangsläufig zu einer Öffnung der Mundhöhle.

5.) Der Anstieg der Mundhöhlentemperatur bei erhaltenen Weichteilen ist im wesentlichen eine Folge der Wärmeleitung. Daher sind die Weichteile des Mundes, der Lippen, der Wangen, der Zunge und des Mundbodens ein hervorragender Schutz gegen hohe Flammentemperaturen der Umgebung.

6.) Entscheidend für die bessere oder schlechtere Isolation gegen hohe Temperaturen ist die größere oder geringere Wassermenge des Weichteilgewebes.

7.) Alter, Geschlecht, Leichenalter usw. sind für die bei Bränden zu beobachtenden Temperaturen in der Mundhöhle scheinbar bedeutungslos. Bei adipösen Individuen erfolgt der Temperaturanstieg in der Mundhöhle verzögert.

8.) Die Buccalflächen der Seitenzähne und die Labialflächen der Frontzähne sind infolge der Verdunstung des Gewebswassers der Weichteile der Wärmeleitung ausgesetzt.

9.) Bei offenem Mund sind die incisalen Drittel der Labialflächen der oberen Frontzähne der Wärmestrahlung und Wärmeströmung ausgesetzt. Die unteren Frontzähne werden von der Unterlippe bedeckt.

1o.) Bei offenem Mund sind die oralen Flächen der Frontzähne und die Kauflächen der Seitenzähne der Wärmeströmung ausgesetzt. Die Strömungsverhältnisse in der Mundhöhle sind so ungünstig, daß die Wärmeströmung keine wesentliche Zerstörung an den Zähnen hervorrufen kann.

11.) Die Zahnwurzeln werden durch den Kieferknochen vor der Einwirkung hoher Temperaturen geschützt. Das Stadium der Kalzination wird dadurch hinausgezögert.

12.) Eine Krone schützt den Zahnstumpf vor Hitzeschädigung, weil die Zementunterfüllung die Wärmeleitung herabsetzt. Das Stadium der Kalzination wird hinausgezögert.

13.) Für die Zerstörung der Zähne (Kalzination) ist die Dauer der Flammeneinwirkung von größerer Bedeutung als die Flammentemperatur.

14.) Bei den üblicherweise bei Brandleichen festzustellenden Zerstörungen der Weichteile des Gesichtes ist bis auf Ausnahmefälle im Bereich der Frontzähne eine dentale Identifizierung gut möglich.

X. LITERATURVERZEICHNIS

AMOEDO, O.:
Über die Rolle der Zahnärzte bei der Identifizierung der Opfer des Brandunglücks im Wohltätigkeitsbasar zu Paris am 4. V. 1897
Dtsch. Monatsschr. f. Zahnheilk. (1897)

BANG, G.:
Case report. Factors of importance in dental identification: five case reports.
Forens. Sci., 1, 91 (1972)

BERRSCHE, R.:
Über den Zerstörungsgrad der Zähne bei thermischer Einwirkung.
Med. Diss., Mainz (1978)

BÖHMER, K.:
Identifikation nach Verbrennung.
Dtsch. Zeitschr. f.d. ges. gerichtl. Med., 18, 25o (1932)

ENDRIS, R.:
Praktische forensische Odonto-Stomatologie.
Kriminalistik-Verlag, Heidelberg (1979)

ENDRIS, R.; LAMPERT, F.:
Unbekannte Leichen: Identifizierung mit einem Informationspool aus Gebißdaten. Prakt. Vorschläge für die Neugestaltung der Befunderhebung und Befunddokumentation am Kausystem.
Zeitschr. f. Rechts-Med., 76, 211 (1975)

FRITZSCH, M.:
Folgen thermischen Einflusses (Verbrennungsuntersuchungen am Schädel).
Med. Dipl.-Arb., Leipzig (1973)

GEBHARDT, H.:
Verbrennungserscheinungen an Zähnen und Zahnersatz und ihre gerichtsärztliche Bedeutung für die Identifizierung verbrannter Leichen.
Dtsch. Zeitschr. f. gerichtl. Med. 2, 191 (1923)

GUBELT, A.:
Eine Gegenüberstellung vitaler und postmortaler Verbrennungsphänomene an der Haut.
Med. Diss. Aachen (1972)

GUSTAFSON, G.:
Forensic Odontology.
Staples Press, London (1966)

GÜNTHER, H.; SCHMIDT, O.:
Die Zerstörung des menschlichen Gebisses im Verlauf der Einwirkung hoher Temperaturen.
Dtsch. Zeitschr. f. gerichtl. Med., 42, 18o (1953)

HANIES, D.:
Dental identification in the Rijeka air disaster.
Forens. Sci., 1, 313 (1972)

HARSÁNYI, L.:
Scanning electron microscopic investigation of thermal damage of the teeth.
Acta Morphol. Acad. Sci. Hung., 23, 271 (1975)

HOFMANN, E.v.:
Die Leichen des 8. Dezember vom gerichtsärztlichen Standpunkt.
Wien. med. Blätter, 5o, 1539 (1881)

HOFMANN, E.v.:
Die gerichtsärztlichen Aufgaben bei der Sicherstellung der Identität von Leichen.
Wien. med. Wschr., 1o, 278 (1882)

JOHANSON, G.; SALDEEN, T.:
Identification of burnt victims with the aid of tooth and bone fragments.
J. Forens. Med., 16 (1), 16 (1969)

JOHANSON, G.; SALDEEN, T.:
A new method for the radiological detection and identification of fragments of teeth and bone recovered from burnt victims.
J. Forens. Med., 16, 26 (1969)

LEPKOWSKI, V.; WACHHOLZ, L.:
Über Veränderungen natürlicher und künstlicher Gebisse durch extreme Temperatur und Fäulnis.
Ärztl. Sachverst. Zeitschr., 6, (19o3)

LUNTZ, L.; LUNTZ, P.:
Dental identification of disaster victims by an dental disaster squad.
Forens. Sci., 17, 63 (1975)

MACHLITT, J.:
Folgen thermischen Einflusses auf Zahn und Zahnreihe (isoliert am Kiefer, ohne Kiefer am isolierten Zahn).
Med. Dipl.-Arb., Leipzig (1973)

MORGEN:
Zur Frage der Sicherung und Auswertung krimineller Bißspuren.
Zahnärztl. Rdsch., 52, 34 (1943)

PURVES, J.D.:
Dental identification of fire victims.
Forens. Sci., 6, 217 (1976)

SCHROFF, F.R.:
Forensic odontology for the general practitioner.
Aust. Dent. J., 18, 298 (1974)

SUZUKI, K.; HADANO, K.:
A case of a murder by burning in which intra-oral findings were helpful in identification of the victim.
Bull Tokyo Dent. Coll., 1o, 159 (1969)

WEBER, W.; SCHWEITZER, H.:
Versuchte Beseitigung einer Kindesleiche durch Verbrennen.
Zeitschr. Rechts-Med., 73, 65 (1974)

ZILLNER:
Beitrag zur Lehre von der Verbrennung nach Befunden an Leichen beim Ringtheaterbrand-Verunglückter.
Vierteljahresschr. f. gerichtl. Med. u. öff. Sanitätsw., N.F. 37, 243 (1882).

Ich danke Herrn Professor Dr. med. H. Schweitzer für die Überlassung des Themas und für die gerne gewährte und freundliche Unterstützung bei der Durchführung der Arbeit

LEBENSLAUF

Am 9.5.195o wurde ich, Wolfgang Eichenhofer, als zweiter Sohn des Arztes Dr. Günther Eichenhofer und seiner Ehefrau Markath, geb. Grau, in Kassel geboren.

Eingeschult wurde ich 1957 in der Volksschule Altmorschen.
1961 wechselte ich auf die Geschwister-Scholl-Schule in Melsungen und legte 1969 die Reifeprüfung im math.-naturwissenschaftlichen Zweig ab.

Ich bewarb mich um einen Studienplatz Zahnmedizin, bekam aber keine Zulassung.

April 197o - September 1971 leistete ich meinen Grundwehrdienst in Treysa ab.

Ab WS 71/72 studierte ich an der TH Darmstadt Maschinenbau und bestand im SS 73 das Vordiplom.

Im WS 74/75 bekam ich einen Studienplatz Zahnmedizin zugewiesen.
Die vorklinischen Semester studierte ich an der Universität Marburg (SS 76 Physikum), die klinischen Semester an der Universität Düsseldorf, wo ich im Januar 198o das Staatsexamen bestand.

Ab April 198o bin ich als Assistent an der Niederrheinischen Kieferklinik in Duisburg-Homberg.